

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-349699

(43)Date of publication of application : 22.12.1994

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G02B 13/24

G02B 17/08

(21)Application number : 05-137641

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 08.06.1993

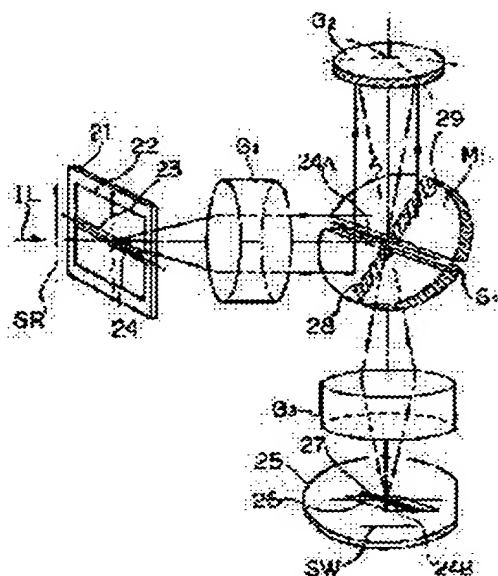
(72)Inventor : TAKAHASHI TOMOWAKI

(54) SCANNING CATA-DIOPTRIC PROJECTION ALIGNER

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a projection aligner which is constituted without using any beam splitter, but a reflecting and refracting systems, uses a cata-dioptric projecting optical system which is less in luminous flux and has a large numerical aperture, and adopts a slit scanning exposure system having an excellent image forming ability.

CONSTITUTION: The light from a pattern 24 in an illuminated area 23 reaches a plane mirror M1. with a long and narrow opening S1 at its center through a first convergence group G1 and, after the light is reflected by the mirror M1, the luminous flux reflected by a second convergence group G2, forms the intermediate image 24A of the pattern 24 in the opening S1. of the mirror M1. The luminous flux from the image 24A further forms the image 24B of the image 24B on a wafer 25 through a third convergence group G3.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

06.06.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 16.08.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3455992

[Date of registration]

01.08.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

2002-17515

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

11.09.2002

[Date of extinction of right]

[JP,06-349699,A]

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It has the projection optical system which projects the image of the pattern in the lighting field of the shape of a slit in the pattern formed in the mask on a substrate side. By scanning said mask in the predetermined direction to the lighting field of the shape of said slit, and scanning said substrate to the lighting field of the shape of said slit, and an exposure field [****] synchronizing with said mask In the projection aligner which carries out projection exposure of the image of the pattern of said mask on said substrate serially The part I part image formation optical system which carries out image formation of the medium image of the pattern of said mask for said projection optical system, It constitutes from part II part image formation optical system which carries out image formation of the image of said medium image on said substrate. It is aslant arranged to the 1st convergence group which has the forward refractive power which converges the flux of light from the pattern of said mask in the lighting field of the shape of said slit for said part I part image formation optical system, and; optical axis. By reflecting the light of the 2nd field which is made to pass the light of the 1st field and is different from this 1st field The selection optical system and; lieberkuhn which lead the flux of light from said 1st convergence group to consecutive optical system are included. The scanning reflective refraction projection aligner characterized by constituting from a 2nd convergence group with the forward refractive power which reflects the flux of light from said selection optical system, and carries out image formation of the medium image of said pattern to the field of the shape of a slit in said 1st field of said selection optical system, or said 2nd field, and;.

[Claim 2] The 2nd selection optical system and; lieberkuhn which are arranged at the rear face of said selection optical system in said part II part image formation optical system, are made to pass the light of the 1st field corresponding to said 1st field of said selection optical system, and reflect the light of the 2nd field of the rear face of said 2nd field are included. The 3rd convergence group with the forward refractive power which reflects the flux of light from said selection optical system, and returns light to the 1st field or 2nd field of said 2nd selection optical system; The flux of light from said 2nd selection optical system is converged. The scanning reflective refraction projection aligner according to claim 1 characterized by constituting from a 4th convergence group with the forward refractive power which carries out image formation of the image of

said pattern on said substrate, and;

[Claim 3] It is aslant arranged to the 3rd convergence group and; optical axis with the forward refractive power which converges the flux of light from said 1st medium image for said part II part image formation optical system, and carries out image formation of the 2nd medium image of said pattern. By reflecting the light of the 2nd field which is made to pass the light of the 1st field and is different from this 1st field The 2nd selection optical system and; lieberkuhn which lead the flux of light of said 2nd medium image to consecutive optical system are included. The 4th convergence group with the forward refractive power which reflects the flux of light from said 2nd selection optical system, and returns light to the 1st field or 2nd field of said 2nd selection optical system; The flux of light from said 2nd selection optical system is converged. The scanning reflective refraction projection aligner according to claim 1 characterized by constituting from a 5th convergence group with the forward refractive power which carries out image formation of the image of said pattern on said substrate, and;

[Claim 4] It has the projection optical system which projects the image of the pattern in the lighting field of the shape of a slit in the pattern formed in the mask on a substrate side. By scanning said mask in the predetermined direction to the lighting field of the shape of said slit, and scanning said substrate to the lighting field of the shape of said slit, and an exposure field [****] synchronizing with said mask In the projection aligner which carries out projection exposure of the image of the pattern of said mask on said substrate serially The part I part image formation optical system which carries out image formation of the medium image of the pattern of said mask for said projection optical system, While reflecting the light of the 2nd field which consists of part II part image formation optical system which carries out image formation of the image of said medium image on said substrate, is aslant arranged to an optical axis in said part II part image formation optical system, is made to pass the light of the 1st field, and is different from this 1st field Image formation of said medium image is carried out into the field of the shape of a slit in said 1st field or said 2nd field. The selection optical system and; lieberkuhn which lead the flux of light of said medium image to consecutive optical system are included. The 1st convergence group with the forward refractive power which reflects the flux of light from said selection optical system, and returns light to the 1st field or 2nd field of said selection optical system; The flux of light from said selection optical system is converged. The scanning reflective refraction projection aligner characterized by constituting from a 2nd convergence group with the forward refractive power which carries out image formation of the image of said pattern on said substrate, and;

[Claim 5] It is the PETTSU bar sum according to individual of said 1st convergence group, said 2nd convergence group, and said part II part image formation optical system, respectively p_1 and p_2 And p_3 When it carries out, $p_1+p_3 > 0$, $p_2 < 0$, and $|p_1+p_2+p_3| < 0.1$ are materialized The scale factor from the pattern of said mask to said medium image is set to β_{12} , and it is a scale factor from said medium image to said substrate top β_3 Scanning reflective refraction projection aligner according to claim 1 characterized by satisfying the conditions of $0.1 \leq |\beta_{12}| \leq 2$ and $0.1 \leq |\beta_3| \leq 2$ when it carries out.

[Claim 6] It is the PETTSU bar sum according to individual of said 1st convergence group, said 2nd convergence group, said 3rd convergence group, and said 4th convergence group, respectively p_1 , p_2 , and p_4 And p_5 When it carries out, $p_1+p_5 > 0$, $p_2+p_4 < 0$, and $|p_1+p_2+p_4+p_5| < 0.1$ are materialized The scanning reflective refraction projection aligner according to claim 2 characterized by satisfying the conditions of $0.1 \leq |\beta_{12}| \leq 2$ and $0.1 \leq |\beta_{45}| \leq 2$ when the scale factor from the pattern of said mask to said medium image is set to β_{12} and the scale factor from said medium image to said substrate top is set to β_{45} .

[Claim 7] It is the PETTSU bar sum according to individual of said 1st convergence group - the aforementioned 5th convergence group, respectively p_1 - p_5 When it carries out, while $p_1+p_3+p_5 > 0$, $p_2+p_4 < 0$, and $|p_1+p_2+p_3+p_4+p_5| < 0.1$ are materialized When the scale factor from β_3 and said 2nd medium image to said substrate top is set [the scale factor from the pattern of said mask to said medium image] to β_{45} for the scale factor from β_{12} and said medium image to said 2nd medium image, The scanning reflective refraction projection aligner according to claim 3 characterized by satisfying the conditions of $0.1 \leq |\beta_{12}| \leq 2$, $0.1 \leq |\beta_3| \leq 2$, and $0.1 \leq |\beta_{45}| \leq 2$.

[Claim 8] It is the PETTSU bar sum according to individual of said part I part image formation image formation optical system, said 1st convergence group, and said 2nd convergence group, respectively p_3 and p_4 And p_5 When it carries out, $p_3+p_5 > 0$, $p_4 < 0$, and $|p_3+p_4+p_5| < 0.1$ are materialized It is a scale factor from the pattern of said mask to said medium image β_3 Scanning reflective refraction projection aligner according to claim 4 characterized by satisfying the conditions of $0.1 \leq |\beta_3| \leq 2$ and $0.1 \leq |\beta_{45}| \leq 2$ when it carries out and the scale factor from said medium image to said substrate top is set to β_{45} .

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the scanning reflective refraction projection aligner which has the resolution of a submicron unit in an ultraviolet-rays wavelength region by using the projection optical system which consists especially of cata-dioptric system about the so-called projection aligner of the slit scan exposure method used in case a semiconductor device or a liquid crystal display component is manufactured at a photolithography process.

[0002]

[Description of the Prior Art] In case a semiconductor device or a liquid crystal display component is manufactured at a photolithography process, a photo mask or the pattern image of reticle (it is hereafter named "reticle" generically) is reduced to about 1/5 through a projection optical system, and the projection aligner exposed on the substrates (a wafer, glass plate, etc.) with which sensitization material (photoresist etc.) was applied is used. As for the projection aligner which can be burned in these patterns, what has more high resolution has been required as degrees of integration, such as a semiconductor device, improve increasingly.

[0003] In order to satisfy this demand, wavelength (exposure wavelength) of exposure light must be short-wavelength-ized, or numerical aperture (NA) of a projection optical system must be enlarged. However, if exposure wavelength becomes short, since it is the exposure absorption of light, the optical glass which is equal to practical use will be restricted. If especially exposure wavelength is set to 300nm or less, the ** material which can be used practically will serve as only synthetic quartz and fluorite. Since it is not separated from it so that both Abbe number is enough to amend chromatic aberration, chromatic-aberration amendment becomes very difficult. Moreover, since, as for fluorite, change of the refractive index by the temperature change and the so-called temperature characteristic have many problems on processing of lens polish in the bad top, it cannot be used for many parts within a projection optical system. Therefore, it will become very difficult to constitute optical system only from refractive media and to produce a projection optical system.

[0004] Then, to constitute optical system from a reflective system is tried, and this attempt is [enlargement of optical system and aspheric surface-ization are needed in this case, and] also very difficult. For this reason, the technique which constitutes a cutback projection optical system from so-called cata-dioptric system which combined the refractive media which consist of optical glass which is equal to an activity on a

reflective system and exposure wavelength is proposed variously. As the example, the cutback projection aligner equipped with the cata-dioptic system which bundles up using the flux of light near a shaft top, and projects the image of reticle is JP,51-27116,B and publication number by arranging a beam splitter in a projection optical system. It is indicated in 2 No. -66510 official report.

[0005] If a semiconductor device is taken for an example about this, since the area of one chip pattern will tend to be enlarged recently, in the projection optical system, it is also required that area of the exposure field which resolution is improved and also can be exposed at once should be enlarged. However, the exposure field is further enlarged on a design and manufacture by the projection optical system which enlarged resolution, and it is difficult. Moreover, when reflective refractive media are used, there is an inclination for the field where good image formation is performed to turn into a field of the shape of a long and slender rectangle or radii. Then, the so-called projection aligner of a slit scan exposure method attracts attention recently. In this slit scan exposure method, they are a rectangle and the thing which exposes the pattern of reticle on each exposure field (shot field) of a wafer serially circular or by scanning a wafer by rate $\beta \cdot V$ to that lighting field and an exposure field [****] synchronizing with scanning reticle at the rate of [V] predetermined to lighting fields (slit-like lighting field), such as the shape of a forward hexagon, using the projection scale factor of a projection optical system as β .

[0006] As an example of the projection optical system for the projection aligners of such a slit scan exposure method, there is ring visual field optical system which is indicated by JP,63-163319,A. Without exposing by package, it consists of this optical system so that only the zona-orbicularis section besides a shaft may be exposed.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the Prior art like the above, in the example which has arranged the beam splitter in a projection optical system, it is reflected by the wafer, the original optical path is re-reflected by reflective Miller of return and a concave surface, and the reflected light in the refracting interface of the optical system after a beam splitter and the image formation light irradiated by the wafer may arrive at a wafer side again. Therefore, there are many flares by these stray lights, and the absorption by the heterogeneity of the reflection property of a beam splitter and the beam splitter, the phase change in a beam splitter, etc. occur, and degradation of the image formation property resulting from these must be improved. However, since it was not generally able to improve, synthetic resolution deteriorated and it was not what is equal to an activity at all as an aligner for semi-conductor manufacture.

[0008] Moreover, in order to avoid a flare, in the example which uses the projection optical system which has similarly arranged the beam splitter, and is exposed by the slit scan exposure method, the utilization effectiveness of light is 25% - about 10% of low thing because of the quantity of light loss by the beam splitter. For example, when exposure light passes [the ratio of the transmitted light and the reflected light] the beam splitter twice using the beam splitter of 50% of 50% pairs, the quantity of light obtained will become 25%. Then, in order to improve lowering of the exposure energy by the low utilization effectiveness of such a light, when the quantity of light was raised, it was what has many technical problems by heat fluctuation becoming intense for utilization. That is, if it was going to compensate lowering of such the quantity of light with the increment in the quantity of light of incident light, since a very big difference would arise between the quantity of light which passes along the dioptric system in front of the incidence to a beam splitter, and the quantity of light which passes along the dioptric system after beam-splitter passage, it was difficult for the difference by heat fluctuation of a dioptric lens to influence greatly, and to simply realize a good fixed image formation property.

[0009] Moreover, it consists of examples using above-mentioned ring visual field optical system so that it may expose by the slit scan exposure method only using the zona-orbicularis section besides a shaft without exposing by package. In this example, the axial outdoor daylight bundle is used so that incident light and the reflected light may not interfere mutually in the part of catoptric system. In this case, although it is necessary to make it each other flux of light not have KERARE therefore, it is difficult to enlarge numerical aperture. Furthermore, since an optical member served as an unsymmetrical configuration to an optical axis, processing of an optical member, inspection, and adjustment were difficult, and maintenance of precision ***** precision was difficult.

[0010] This invention aims at offering the scanning reflective refraction projection aligner which was excellent in the image formation engine performance which used the reflective refraction projection optical system of the high numerical aperture which does not have KERARE of the flux of light unlike the ring visual field optical system which is constituted using a reflective system and refractive media, and exposes only the zona-orbicularis section using an axial outdoor daylight bundle, without using a beam splitter in view of this point.

[0011]

[Means for Solving the Problem] The 1st scanning reflective refraction projection aligner by this invention For example, as shown in drawing 1 and drawing 2 , it has the

projection optical system which projects the image of the pattern in the lighting field (23) of the shape of a slit in the pattern formed in the mask (21) on a substrate (25) side. By scanning a mask (21) in the predetermined direction to a slit-like lighting field (23), and scanning a substrate (25) to a slit-like lighting field (23) and an exposure field [****] (27) synchronizing with a mask (21) In the projection aligner which carries out projection exposure of the image of the pattern of a mask (25) on a substrate (25) serially The part I part image formation optical system which carries out image formation of the medium image (24A) of the pattern of a mask (21) for the projection optical system, It constitutes from part II part image formation optical system (G3) which carries out image formation of the image (24B) of a medium image (24A) on a substrate (25). The 1st convergence group which has the forward refractive power which converges the flux of light from the pattern of the mask (21) in a slit-like lighting field (23) for the part I part image formation optical system (G1), By reflecting the light of the 2nd field which is aslant arranged to an optical axis, is made to pass the light of the 1st field, and is different from this 1st field The selection optical system which leads the flux of light from the 1st convergence group (G1) to consecutive optical system (M1), The 2nd convergence group G2 with the forward refractive power which reflects the flux of light from selection optical system (M1), and carries out image formation of the medium image (24A) of the pattern to the field (S1) of the shape of a slit in the 1st field of selection optical system (M1), or the 2nd field including the lieberkuhn It constitutes more.

[0012] Moreover, the 2nd scanning reflective refraction projection aligner of this invention For example, as shown in drawing 5 , the part II part image formation optical system is arranged at the rear face of selection optical system (M1). The 2nd selection optical system which is made to pass the light of the 1st field corresponding to the 1st field of selection optical system (M1), and reflects the light of the 2nd field of the rear face of the 2nd field (M4), The 3rd convergence group with the forward refractive power which reflects the flux of light from selection optical system (M1), and returns light to the 1st field or 2nd field of the 2nd selection optical system (M4) including the lieberkuhn (G3), With the 4th convergence group (G4) with the forward refractive power which converges the flux of light from the 2nd selection optical system (M4), and carries out image formation of the image of the pattern on a substrate (25), it constitutes more.

[0013] Moreover, the 3rd scanning reflective refraction projection aligner of this invention For example, the 3rd convergence group with the forward refractive power which converges the flux of light from the medium image for the part II part image formation optical system, and carries out image formation of the 2nd medium image of

the pattern as shown in drawing 6 (G3), By reflecting the light of the 2nd field which is aslant arranged to an optical axis, is made to pass the light of the 1st field, and is different from this 1st field The 2nd selection optical system which leads the flux of light of the 2nd medium image to consecutive optical system (M4), The 4th convergence group with the forward refractive power which reflects the flux of light from the 2nd selection optical system (M4), and returns light to the 1st field or 2nd field of the 2nd selection optical system (M4) including the lieberkuhn (G4), With the 5th convergence group (G5) with the forward refractive power which converges the flux of light from the 2nd selection optical system (M4), and carries out image formation of the image of the pattern on a substrate (25), it constitutes more.

[0014] Moreover, the 4th scanning reflective refraction projection aligner of this invention For example, as shown in drawing 3 , it has the projection optical system which projects the image of the pattern in the lighting field (23) of the shape of a slit in the pattern formed in the mask (21) on a substrate (25) side. By scanning a mask (21) in the predetermined direction to a slit-like lighting field (23), and scanning a substrate (25) to a slit-like lighting field (23) and an exposure field [****] (27) synchronizing with a mask (21) In the projection aligner which carries out projection exposure of the image of the pattern of a mask (21) on a substrate (25) serially The part I part image formation optical system which carries out image formation of the medium image of the pattern of a mask (21) for the projection optical system (G3), It constitutes from part II part image formation optical system which carries out image formation of the image of the medium image on a substrate (25). While reflecting the light of the 2nd field which is aslant arranged to an optical axis in the part II part image formation optical system, is made to pass the light of the 1st field, and is different from this 1st field The selection optical system which image formation of the medium image is carried out to the field (S2) of the shape of a slit in these 1st fields or the 2nd field, and leads the flux of light of the medium image to consecutive optical system (M4), The 1st convergence group with the forward refractive power which reflects the flux of light from selection optical system (M4), and returns light to the 1st field or 2nd field of selection optical system (M4) including the lieberkuhn (G4), With the 2nd convergence group (G5) with the forward refractive power which converges the flux of light from selection optical system (M4), and carries out image formation of the image of the pattern on a substrate (25), it constitutes more.

[0015] in this case, the 1st scanning reflective refraction projection aligner (drawing 2)
.. setting .. the PETTSU bar sum according to individual of the 1st convergence group (G1), the 2nd convergence group (G2), and the part II part image formation optical

system (G3) -- respectively -- p1 and p2 And p3 ***** -- the scale factor from a mask to a medium image is set to beta 12. In the 2nd scanning reflective refraction projection aligner (drawing 5) Moreover, the 1st convergence group (G1), the PETTSU bar sum according to individual of the 2nd convergence group (G2), the 3rd convergence group (G3), and the 4th convergence group (G4) -- respectively -- p1, p2, and p4 And p5 ***** -- the scale factor of the first image formation from a mask to a medium image -- the scale factor from beta 12 and a medium image to a substrate -- beta 3 ** -- it carries out. [0016] Similarly it sets to the 3rd scanning reflective refraction projection aligner (drawing 6). The 1st convergence group (G1), the PETTSU bar sum according to individual of the 2nd convergence group (G2), the 3rd convergence group (G3), the 4th convergence group (G4), and the 5th convergence group (G5) -- respectively -- p1, p2, p3, and p4 And p5 ***** -- The scale factor of the 3rd image formation from beta 3 and the 2nd medium image to a substrate top is set [the scale factor of the first image formation] to beta 45 for the scale factor of the second image formation from beta 12 and a medium image to the 2nd medium image. moreover, the 4th scanning reflective refraction projection aligner (drawing 3) -- setting -- the PETTSU bar sum according to individual of the part I part image formation optical system (G3), the 1st convergence group (G4), and the 2nd convergence group (G5) -- respectively -- p3 and p4 And p5 ***** -- the scale factor of the second image formation from beta 3 and a medium image to a substrate top is set to beta 45 for the scale factor of the first image formation. In this case, it is desirable to satisfy the following relation. However, the PETTSU bar sum about the convergence group or partial image formation optical system which is not included regards it as 0, and applies the following formulas.

[0017]

$$p1+p3+p5>0 \text{ (1)}$$

$$p2+p4 < 0 \text{ (2)}$$

$$|p1+p2+p3+p4+p5| < 0.1 \text{ (3)}$$

$$0.1 \leq |\text{beta}12| \leq 2 \text{ (4)}$$

$$0.1 \leq |\text{beta}3| \leq 2 \text{ (5)}$$

$$0.1 \leq |\text{beta}45| \leq 2 \text{ (6)}$$

[0018]

[Function] According to the 1st scanning reflective refraction projection aligner (drawing 1 , drawing 2) of this this invention When the scale factor of a projection optical system is set to beta, a mask (21) is scanned at a rate V in the direction of SR to a slit-like lighting field (23). By scanning a substrate (25) by rate beta·V in the SW direction to a slit-like lighting field (23) and an exposure field [****] (27), the image of

the pattern in the pattern space (22) of a mask (21) is serially exposed in the exposure field (26) of a substrate (25).

[0019] Moreover, in a projection optical system, since the optical path of the illumination light is bent according to selection optical system (M1), the beam splitter is not used. As selection optical system, Miller in whom slit-like opening was formed, or slit-like Miller can be used. Therefore, degradation of the image formation property resulting from the heterogeneity of the reflection property in a beam splitter, absorption, a phase change, etc. is lost in the flare and list resulting from a beam splitter, and synthetic resolution improves. Moreover, since there is little loss of the flux of light in selection optical system (M1), the utilization effectiveness of the illumination light is high.

[0020] Moreover, since he is trying to expose the whole inside of a slit-like exposure field (27) by this invention unlike the ring visual field optical system which exposes only the zona-orbicularis section only using an axial outdoor daylight bundle, there is no KERARE of the flux of light. Therefore, being easy of high numerical aperture becomes processing of an optical member, inspection, and adjustment being easy, and performing maintenance of precision ***** precision possible. moreover, the above operation effectiveness -- the 2- of this invention -- it is common also about the 4th scanning reflective refraction projection aligner.

[0021] Furthermore, in this invention, in order to improve the engine performance of a projection optical system, the PETTSU bar sum of the whole projection optical system must be first made into the zero neighborhood. If there is no PETTSU bar sum in the zero neighborhood, a projection image side will not become flat but will become the curved thing. such -- PETTSU -- a bar -- the sum -- zero -- the neighborhood -- carrying out -- a sake -- conditions -- a **** -- (-- one --) -- a formula - (-- three --) -- a formula -- conditions -- it is -- (-- one --) -- a formula - (-- three --) -- a formula -- conditions -- being satisfied -- making -- things -- the deflection of optical-character ability, especially the image surface -- protecting -- surface smoothness -- good -- becoming .

[0022] (3) If it separates from the upper limit of a formula, the image surface will curve on a concave surface at a substrate (25) side, if the minimum of (3) types is exceeded, the image surface will curve to a substrate (25) side at a convex, and both image formation engine performance will deteriorate remarkably. Moreover, the scale factor beta 12 of the first image formation, the scale factor beta 3 of the second image formation, and the scale factor beta 45 of the 3rd image formation can constitute a projection optical system reasonable, when satisfying the conditions of a (4) type - (6) type. (4) If it separates from the minimum of a formula - (6) type, a cutback scale factor

will be applied too much and wide range exposure will become difficult. Moreover, when it separates from the upper limit of a (4) type - (6) type, a scale factor will be expanded too much and it will be contrary like an original activity eye.

[0023] moreover, the location of selection optical system (for example, M1 of drawing 1) and the location of the entrance pupil of a projection optical system, and an exit pupil -- about -- if it is made to do one, since the covered part on a pupil will not change to a body high change, it continues all over the image surface and change of the image formation engine performance is lost.

[0024]

[Example] Hereafter, with reference to a drawing, it explains per various examples of this invention. The following examples apply this invention to the projection aligner projected for a predetermined scale factor (actual size is included) on the wafer by which the image of the pattern of reticle was applied to the photoresist by the slit scan exposure method through the projection optical system.

[0025] Lens arrangement of a projection optical system is expressed with the following examples in expansion optical-path drawing, as shown in drawing 8. In expansion optical-path drawing, a reflector is expressed as a transparency side and each optical element is arranged by the order which the light from reticle 21 passes. Moreover, in the part (for example, M21) of the lieberkuhn, a plane virtual side (for example, the 12th page r12) is used. And as it is shown in drawing 8 since the configuration and spacing of a lens are expressed for example It is the radius of curvature r_i of the i -th page as the i -th page ($i = 1, 2, \dots$) one by one about the field through which it will pass by the time the light which made the pattern side of reticle 21 the 0th page, and was injected from reticle 21 reaches a wafer 25. A sign just takes the case of a convex to reticle 21 in expansion optical-path drawing. Moreover, it is d_i about the spacing of the i -th page and a $(i+1)$ side. It carries out.

[0026] Moreover, it is CaF_2 as $**$ material. Fluorite and SiO_2 Quartz glass is expressed, respectively. The refractive index to the criteria-for-use-of-food-additives wavelength (248nm) of quartz glass and fluorite is as follows.

Quartz glass: 1.508327 Firefly Stone : When 1.467845, however criteria-for-use-of-food-additives wavelength are 193nm, the refractive index of quartz glass is as follows.

Quartz glass: 1.56100 [0027] The outline configuration of the projection aligner of the 1st example of [the 1st example] is shown in drawing 1 and drawing 2. In drawing 1, the exposure light IL from the illumination-light study system by which the graphic display abbreviation was carried out is irradiated by the lighting field 23 of the long and

slender rectangle on the pattern space 22 of reticle 21. Focal distance f_1 which the light from the pattern 24 in the lighting field 23 becomes from a dioptric lens group The 1st convergence group G1 It passes, is installed at 45 degrees to an optical axis, and is the opening S1 long and slender in the center. Formed flat-surface Miller M1 It reaches. Flat-surface Miller M1 Formed long and slender opening S1 The direction is parallel to the longitudinal direction of the lighting field 23. The long and slender opening S1 Width of face is flat-surface Miller M1 of the flux of light which carries out incidence. It is set as extent which becomes narrower [the upper width of face] than 10% - 20%. Moreover, in order to abolish the directivity of an image formation property, he is flat-surface Miller M1. Upwards long and slender opening S1 The long and slender protection-from-light regions 28 and 29 may be formed in the direction which intersects perpendicularly.

[0028] Flat-surface Miller M1 Focal distance f_2 which consists of a reflective dioptric lens group after being reflected The 2nd convergence group G2 The reflected flux of light A is flat-surface Miller M1. Long and slender opening S1 Inside, image formation of the medium image 24A of a pattern 24 is carried out. Opening S1 with the long and slender flux of light from the medium image 24A Focal distance f_3 which consists of a dioptric lens group after passing 3rd convergence group G3 It minds and image formation of the image 24B of medium image 24A is carried out on the exposure field (shot field) 26 of a wafer 25. Projection exposure of the image of the pattern of the pattern space 22 of reticle 21 is serially carried out into the exposure field 26 of a wafer 25 by scanning a wafer 25 by rate $\beta \cdot V$ in the direction of SR, and the SW direction [****] to the lighting field 23 and the exposure field 27 of the shape of a slit [****] synchronizing with scanning reticle 21 at a rate V in the direction of SR vertical to the longitudinal direction of the lighting field 23, using the projection scale factor of the whole projection optical system as β . The projection scale factor β of the projection optical system of this 1st example is $1/4$.

[0029] As drawing 2 shows the stage device of the 1st example and shows it to this drawing 2, reticle 21 is scanned by the reticle stage 30 in the direction of SR to the lighting field 23, and the main control system 31 sets up the scan speed of a reticle stage 30, the timing of a scan, etc. through the reticle stage control system 32. Moreover, a wafer 25 is scanned by the wafer stage 33 in the SW direction to the exposure field 27, and the main control system 31 sets up the scan speed of the wafer stage 33, and the timing of a scan through the wafer UTEJI control system 34. The main control system 31 adjusts relative velocity of reticle 21 and a wafer 25, while taking the synchronization of a scan of reticle 21 and a wafer 25. Moreover, it is parallel to the

space of drawing 2 , and the optical axis of a projection optical system is the longitudinal direction of the lighting field 23, and flat-surface Miller M1. Long and slender opening S1 A longitudinal direction is a direction vertical to both the space of drawing 2 , and is flat-surface Miller M1. 45 degrees is rotating to the optical axis of a projection optical system centering on a shaft vertical to the space of drawing 2 .

[0030] As drawing 8 shows expansion optical-path drawing of the projection optical system of the 1st example and shows it to this drawing 8 The 1st convergence group G1 which the light from the pattern on reticle 21 becomes from four dioptric lenses Pass. Flat-surface Miller M1 installed in the center at 45 degrees to the optical axis with long and slender opening After being reflected by the periphery, The 2nd convergence group G2 which consists of lieberkuhn M21 and a negative meniscus lens L21 arranged before that It results and is the 2nd convergence group G2. The reflected light is flat-surface Miller M1. Image formation of the medium image of the pattern is carried out into opening. And 3rd convergence group G3 which the light from this medium image becomes from 14 dioptric lenses It passes and image formation of the image of that pattern is carried out to the front face of a wafer 25.

[0031] Moreover, the 1st convergence group G1 Sequentially from a reticle 21 side, it consists of the positive meniscus lens L11 which turned the convex to reticle 21, a negative meniscus lens L12 which turned the convex to reticle 21, a biconvex lens (only henceforth a "convex lens") L13, and a biconcave lens (only henceforth a "concave lens") L14, and is 2nd convergence group G3. The negative meniscus lens L21 and lieberkuhn M2 which turned the concave surface to reticle 21 It becomes. moreover, 3rd convergence group G3 To reticle 21, a concave surface To the turned positive meniscus lens L31 and reticle 21, a concave surface To the turned positive meniscus lens L32, a convex lens L33, the negative meniscus lens L34 which turned the convex to reticle 21, a convex lens L35, a convex lens L36, the negative meniscus lens L37 that turned the concave surface to reticle 21, a convex lens L38, and reticle 21, a convex The turned positive meniscus lens L39, negative meniscus lens [which turned the concave surface to reticle 21] L3A, It consists of negative meniscus lens L3E which turned the convex to positive meniscus lens L3D and reticle 21 which turned the convex to convex lens L3B, negative meniscus lens L3C which turned the convex to reticle 21, and reticle 21.

[0032] That is, the image formation scale factor of this example of 1/4 time and numerical aperture is [0.4 and the body high] 20mm. Moreover, a dioptric lens uses a fused quartz and the chromatic aberration of a shaft top and a scale factor is amended to wavelength width of face of 1nm in the wavelength of 193nm of ultraviolet-rays excimer laser. Moreover, since the projection optical system of the outstanding engine

performance by which spherical aberration, comatic aberration, astigmatism, and distortion were amended by fitness to the condition almost near non-aberration is offered, even if it uses optical system 2 to 3 times, carrying out proportion amplification, the good engine performance can be held.

[0033] The radius of curvature r_i in the 1st example, and spacing d_i And ** material is shown in the following table 1. In the following tables, the 12th page is a virtual side for expressing the lieberkuhn in expansion optical-path drawing.

[0034]

[A table 1]

i	r _i	d _i	material	i	r _i	d _i	material
0	—	2.2		25	148.11	8.0	S i O ₂
1	35.81	8.0	S i O ₂	26	-277.55	2.6	
2	59.46	12.6		27	-68.13	7.5	S i O ₂
3	356.73	6.0	S i O ₂	28	-144.78	0.3	
4	30.20	11.7		29	111.88	11.0	S i O ₂
5	41.51	8.0	S i O ₂	30	-244.49	0.5	
6	-300.87	7.3		31	78.03	11.0	S i O ₂
7	-79.79	6.0	S i O ₂	32	335.30	5.0	
8	50.60	221.9		33	-89.48	9.0	S i O ₂
9	-110.93	10.0	S i O ₂	34	-178.22	3.0	
10	-226.62	6.0		35	61.88	8.0	S i O ₂
11	-126.76	0.0		36	-734.75	5.0	
12	∞	6.0		37	47.13	6.0	S i O ₂
13	226.62	10.0	S i O ₂	38	22.27	2.0	
14	110.93	119.9		39	26.01	8.5	S i O ₂
15	-31.41	8.0	S i O ₂	40	208.27	3.0	
16	-28.37	1.0		41	18.76	5.0	S i O ₂
17	-76.17	6.0	S i O ₂	42	15.39	11.9	
18	-38.10	1.0					
19	130.38	8.0	S i O ₂				
20	-122.63	1.0					
21	76.08	9.4	S i O ₂				
22	61.43	34.9					
23	172.92	8.0	S i O ₂				
24	-139.74	1.0					

[0035] Moreover, in drawing 9 (a) - (c), longitudinal aberration drawing of the 1st example and drawing 9 (c) show chromatic-aberration-of-magnification drawing of the 1st example, and drawing 9 (e) shows transverse aberration drawing of the 1st example.

These aberration drawing shows that many aberration is amended good in the field of a large image circle, although a numerical aperture is as large as 0.4 also in this example. Moreover, chromatic aberration is also amended good.

[0036] Flat-surface Miller M1 for whom opening almost long and slender to a part for a center section was prepared instead of the old beam splitter according to this example as mentioned above in order to separate incoming beams and a reflected light bundle as shown in drawing 1 The first image formation by the 2nd convergence group G2 which uses and is mainly concerned with the lieberkuhn is flat-surface Miller M1. Opening S1 It arranges so that it may come. And the flat-surface Miller M1 Opening S1 To the passed flux of light, it is 3rd convergence group G3. The second image formation is carried out. Therefore, the great portion of flux of light can be used for image formation, without using the beam splitter which becomes causes, such as a flare.

[0037] Moreover, he is flat-surface Miller M1 about the image of the pattern in the slit-like lighting field 23. Long and slender opening S1 Since KERARE of the flux of light by the first image formation serves as a covered part of the shape of a slit long and slender in the direction of a right angle to a scanning direction in order to carry out image formation inside, there is little effect on the image formation engine performance.

[0038] [2nd example] drawing 4 and drawing 5 show the outline configuration of the projection aligner of this 2nd example, give the same sign to the part corresponding to drawing 1 and drawing 2 in this drawing 4 and drawing 5 , and omit that detail explanation. Focal distance f1 which the exposure light IL from the illumination-light study system by which the graphic display abbreviation was carried out is irradiated by the lighting field 23 of the long and slender rectangle on reticle 21 in drawing 4 , and the light from the pattern 24 in the lighting field 23 becomes from a dioptric lens group The 1st convergence group G1 It passes, is installed at 45 degrees to an optical axis, and is the opening S1 long and slender in the center. Formed flat-surface Miller M1 It reaches. Flat-surface Miller M1 In a rear face, he is flat-surface Miller M4. It is joined and he is flat-surface Miller M1. Opening S1 He is flat-surface Miller M4 as it is. Opening S2 It has become.

[0039] Flat-surface Miller M1 Focal distance f2 which consists of a reflective dioptric lens group after being reflected The 2nd convergence group G2 The reflected flux of light A is flat-surface Miller M1. Long and slender opening S1 Inside, image formation of the medium image 24A of a pattern 24 is carried out. It is injected from the medium image 24A, and is opening S1. And flat-surface Miller M4 Opening S2 Focal distance f3 which consists of a reflective dioptric lens group after passing 3rd convergence group G3 The reflected flux of light B is flat-surface Miller M4. It returns. And flat-surface Miller

M4 Focal distance f_4 which the reflected flux of light becomes from a dioptric lens group The 4th convergence group G4 It minds and image formation of the image 24B of medium image 24A is carried out on a wafer 25.

[0040] Projection exposure of the image of the pattern of reticle 21 is serially carried out into the exposure field 26 of a wafer 25 by scanning a wafer 25 by rate $\beta \cdot V$ in the SW direction to the slit-like exposure field 27 synchronizing with scanning reticle 21 at a rate V in the direction of SR to the lighting field 23, using the projection scale factor of the whole projection optical system as β . The projection scale factor β of the projection optical system of this 2nd example is $1/5$.

[0041] As drawing 5 shows the stage device of the 2nd example and shows it to this drawing 5 It is parallel to the space of drawing 5, and the optical axis of a projection optical system is the longitudinal direction of the lighting field 23 and flat-surface Miller M1, and M4. The long and slender opening S1 and S2 A longitudinal direction is a direction vertical to both the space of drawing 5. Flat-surface Miller M1 and M5 45 degrees is rotating to the optical axis of a projection optical system centering on a shaft vertical to the space of drawing 5. The configuration of a stage is the same as that of the 1st example.

[0042] As drawing 10 shows expansion optical-path drawing of the projection optical system of the 2nd example and shows it to this drawing 10 The 1st convergence group G1 which the light from the pattern on reticle 21 becomes from nine dioptric lenses Pass. Flat-surface Miller M1 installed in the center at 45 degrees to the optical axis with long and slender opening After being reflected by the periphery, The 2nd convergence group G2 which consists of lieberkuhn M21 and a negative meniscus lens L21 arranged before that It results and is the 2nd convergence group G2. The reflected light is flat-surface Miller M1. Image formation of the medium image of the pattern is carried out into opening. And 3rd convergence group G3 which the light from this medium image becomes from the lieberkuhn M31 and the negative meniscus lens L31 arranged before that It results and is 3rd convergence group G3. The reflected light is flat-surface Miller M4. The 4th convergence group G4 which consists of nine dioptric lenses after being reflected It passes and image formation of the image of that pattern is carried out to the front face of a wafer 25.

[0043] Moreover, the 1st convergence group G1 Sequentially from a reticle 21 side To reticle 21, a convex To the turned negative meniscus lens L11, a convex lens L12, the negative meniscus lens L13 which turned the convex to reticle 21, the negative meniscus lens L14 which turned the convex to reticle 21, the negative meniscus lens L15 which turned the convex to reticle 21, and reticle 21, a concave surface It consists of

positive meniscus lenses L19 which turned the convex to the turned positive meniscus lens L16, a convex lens L17, the negative meniscus lens L18 which turned the concave surface to reticle 21, and reticle 21. The 2nd convergence group G2 It consists of the negative meniscus lens L21 and lieberkuhn M21 which turned the concave surface to reticle 21.

[0044] moreover, 3rd convergence group G3 the negative meniscus lens L31 and lieberkuhn M31 which turned the concave surface to reticle 21 -- becoming -- the 4th convergence group G4 To a convex lens L41 and reticle 21, a concave surface To the turned negative meniscus lens L42 and reticle 21, a convex It consists of the turned positive meniscus lens L43, the positive meniscus lens L44 which turned the convex to reticle 21, the negative meniscus lens L45 which turned the convex to reticle 21, the convex lens L46, a concave lens L47, a convex lens L48, and a concave lens L49.

[0045] Moreover, the projection scale factor of a projection optical system of the numerical aperture NA by the side of 1/5 time and an image is [0.4 and the body high] 100mm. And a dioptric lens uses a fused quartz and fluorite, and the chromatic aberration of a shaft top and a scale factor is amended to wavelength width of face of 1nm in the wavelength of 248nm of ultraviolet-rays excimer laser. Moreover, the projection optical system of the outstanding engine performance by which spherical aberration, comatic aberration, astigmatism, and distortion were also amended good is offered.

[0046] The radius of curvature r_i in the 2nd example, and spacing d_i And ** material is shown in the following table 2. In the following tables, the 21st page and the 27th page are virtual sides for expressing the lieberkuhn in expansion optical-path drawing, respectively.

[0047]

[A table 2]

i	r_i	d_i	material	i	r_i	d_i	material
0	—	242.8		25	-883.05	34.0	S i O ₂
1	692.22	30.0	S i O ₂	26	-5743.26	24.0	
2	338.85	8.0		27	∞	0.0	
3	348.61	51.0	S i O ₂	28	833.20	24.0	
4	-956.35	1.0		29	5743.26	34.0	S i O ₂
5	643.35	36.0	S i O ₂	30	883.05	860.5	
6	306.37	13.0		31	528.80	60.0	C a F ₂
7	331.41	47.0	S i O ₂	32	-447.01	7.0	
8	700.66	597.0		33	-368.84	20.0	
9	1680.47	30.0	S i O ₂	34	-1406.21	1.0	
10	487.83	40.0		35	256.78	50.0	C a F ₂
11	-832.45	60.0	S i O ₂	36	2448.55	1.0	
12	-424.04	100.0		37	195.15	56.0	C a F ₂
13	4193.07	60.0	S i O ₂	38	738.72	5.8	
14	-1389.72	19.0		39	2843.45	20.0	
15	-697.68	40.0	S i O ₂	40	120.29	5.0	
16	-1813.61	3.0		41	121.81	60.0	C a F ₂
17	690.96	60.0	S i O ₂	42	-833.90	5.0	
18	2468.91	890.2		43	-495.91	24.0	S i O ₂
19	-828.71	34.0	S i O ₂	44	2014.55	4.0	
20	-3464.81	24.0		45	117.12	36.0	C a F ₂
21	∞	0.0		46	-1170.37	4.0	
22	858.47	24.0		47	-2005.41	20.0	S i O ₂
23	3464.81	34.0	S i O ₂	48	886.78	23.9	
24	828.71	1296.7					

[0048] Moreover, in drawing 11 (a) - (c), longitudinal aberration drawing of the 2nd example and drawing 11 (c) show chromatic-aberration-of-magnification drawing of the 2nd example, and drawing 11 (e) shows transverse aberration drawing of the 2nd example. These aberration drawing shows that many aberration is amended good in the field of a large image circle, although a numerical aperture is as large as 0.4 also in this example. Moreover, chromatic aberration is also amended good.

[0049] [3rd example] drawing 6 shows the outline configuration of the projection aligner of this 3rd example, gives the same sign to the part corresponding to drawing 1 and drawing 2 in this drawing 6, and omits that detail explanation. Focal distance f_1 which the exposure light IL from the illumination-light study system by which the graphic display abbreviation was carried out is irradiated by the lighting field 23 of the long and slender rectangle on reticle 21 in drawing 6, and the light from the pattern in the lighting field 23 becomes from a dioptric lens group The 1st convergence group G1 It passes, is installed at 45 degrees to an optical axis, and is the opening S1 long and slender in the center. Formed flat-surface Miller M1 It reaches.

[0050] Flat-surface Miller M1 Focal distance f_2 which consists of a reflective dioptric lens group after being reflected The 2nd convergence group G2 The reflected flux of light is flat-surface Miller M1. Long and slender opening S1 Inside, image formation of the 1st medium image of a pattern 24 is carried out. Focal distance f_3 which the flux of light which was injected from the 1st medium image and passed opening S1 becomes from a dioptric lens group Convergence group G3 It passes and he is flat-surface Miller M1. Flat-surface Miller M4 installed in parallel Central long and slender opening S2 Image formation of the 2nd medium image is carried out inside. Focal distance f_4 which the flux of light from this 2nd medium image becomes from a reflective dioptric lens group The 4th convergence group G4 It is reflected and he is flat-surface Miller M4. It returns. And flat-surface Miller M4 Focal distance f_5 which the reflected flux of light becomes from a dioptric lens group The 5th convergence group G5 It minds and image formation of the image of the 2nd medium image is carried out on a wafer 25.

[0051] Synchronizing with scanning reticle 21 at a rate V in the direction of SR to the lighting field 23, projection exposure of the image of the pattern of reticle 21 is serially carried out into the exposure field of a wafer 25 by scanning a wafer 25 by rate $\beta \cdot V$ in the SW direction to the slit-like exposure field 27. The projection scale factor β of the projection optical system of this 3rd example is $1/4$.

[0052] As drawing 12 is expansion optical-path drawing of the projection optical system of the 3rd example and it is shown in this drawing 12 The 1st convergence group G1 which the light from the pattern on reticle 21 becomes from four dioptric lenses Pass. Flat-surface Miller M1 installed in the center at 45 degrees to the optical axis with opening After being reflected by the periphery, The 2nd convergence group G2 which consists of the 1st lieberkuhn M21 and a negative meniscus lens It results and is the 2nd convergence group G2. The reflected light is flat-surface Miller M1. Image formation of the 1st medium image of the pattern is carried out into opening. And 3rd convergence group G3 which the light from this 1st medium image becomes from 16

dioptric lenses Pass. Flat-surface Miller M4 installed in the center at 45 degrees to the optical axis with opening Image formation of the 2nd medium image of the pattern is carried out into opening. The 4th convergence group G4 which the light from this 2nd medium image becomes from the 2nd lieberkuhn M41 and a negative meniscus lens It results and is the 4th convergence group G4. The reflected light is flat-surface Miller M4. It is reflected on the outskirts. Thus, the 5th convergence group G5 which the reflected light becomes from five dioptric lenses It passes and image formation of the image of the pattern is carried out to the front face of a wafer 25.

[0053] Moreover, as shown in drawing 12, it is the 1st convergence group G1. It consists of negative meniscus lenses L14 which turned the convex to the positive meniscus lens L11 which turned the concave surface to reticle 21, the negative meniscus lens L12 which turned the convex to reticle 21, a convex lens L13, and reticle 21 sequentially from the reticle 21 side, and is 2nd convergence group G3. It consists of the negative meniscus lens L21 and lieberkuhn M21 which turned the concave surface to reticle 21. Moreover, 3rd convergence group G3 To reticle 21, a concave surface To the turned negative meniscus lens L31 and reticle 21, a concave surface To the turned positive meniscus lens L32 and reticle 21, a concave surface To the turned negative meniscus lens L33 and reticle 21, a concave surface The turned positive meniscus lens L34, the negative meniscus lens L35 which turned the convex to reticle 21, the positive meniscus lens L36 which turned the concave surface to reticle 21, the positive meniscus lens L37 which turned the concave surface to reticle 21, a convex lens L38, a convex lens L39, convex lens L3A, Positive meniscus lens L3B which turned the convex to reticle 21, negative meniscus lens L3C which turned the concave surface to reticle 21, It consists of positive meniscus lens L3G which turned the convex to positive meniscus lens L3D which turned the convex to reticle 21, concave lens L3E, convex lens L3F, and reticle 21. [0054] and the 4th convergence group G4 the negative meniscus lens L41 and the 2nd lieberkuhn M41 which turned the concave surface to reticle 21 -- becoming -- the 5th convergence group G5 To reticle 21, a convex To the turned positive meniscus lens L51 and reticle 21, a convex It consists of positive meniscus lenses L55 which turned the convex to the turned negative meniscus lens L52, the positive meniscus lens L53 which turned the convex to reticle 21, the negative meniscus lens L54 which turned the concave surface to reticle 21, and reticle 21.

[0055] In this operation mold, the projection scale factor of a projection optical system of the numerical aperture NA by the side of 1/4 time and an image is [0.5 and the body high] 20mm. Moreover, a dioptric lens uses a fused quartz and the chromatic aberration of a shaft top and a scale factor is amended to wavelength width of face of 1nm in the

wavelength of 193nm of ultraviolet-rays excimer laser. Moreover, since the projection optical system of the outstanding engine performance by which spherical aberration, comatic aberration, astigmatism, and distortion were amended by fitness to the condition almost near non-aberration is offered, even if it uses optical system 2 to 3 times, carrying out proportion amplification, the good engine performance can be held.

[0056] The radius of curvature r_i in the 3rd example, and spacing d_i And ** material is shown in the following table 3. In the following tables, the 12th page and the 49th page are virtual sides for expressing the lieberkuhn in expansion optical-path drawing, respectively.

[0057]

[A table 3]

i	r i	d i	material	i	r i	d i	material
0	—	10.0		33	172.29	11.0	S i O ₂
1	-71.38	8.0	S i O ₂	34	-944.95	0.5	
2	-61.85	35.0		35	99.77	11.2	S i O ₂
3	231.03	6.0	S i O ₂	36	319.67	4.0	
4	71.51	35.0		37	-143.57	9.0	S i O ₂
5	4288.57	12.0	S i O ₂	38	-2409.53	0.3	
6	-77.96	33.1		39	54.72	10.0	S i O ₂
7	552.21	6.0	S i O ₂	40	56.03	5.0	
8	78.03	170.0		41	-61.33	4.0	S i O ₂
9	-140.25	10.0	S i O ₂	42	45.57	1.5	
10	-215.61	39.9		43	50.21	12.0	S i O ₂
11	-186.04	0.0	S i O ₂	44	-46.06	0.3	
12	∞	39.9		45	26.02	7.5	S i O ₂
13	215.61	10.0	S i O ₂	46	113.79	127.3	
14	140.25	125.0		47	-130.37	10.0	S i O ₂
15	-16.54	5.0	S i O ₂	48	-279.95	35.9	
16	-72.83	0.3		49	∞	0.0	
17	-638.23	10.0	S i O ₂	50	167.11	35.9	
18	-33.20	5.0		51	279.95	10.0	S i O ₂
19	-23.16	5.0	S i O ₂	52	130.37	184.6	
20	-36.09	0.3		53	102.70	8.0	S i O ₂
21	-592.11	11.0	S i O ₂	54	298.78	0.5	
22	-56.28	0.3		55	31.06	8.0	S i O ₂
23	2342.59	7.0	S i O ₂	56	30.01	7.0	
24	97.46	7.0		57	56.85	7.5	S i O ₂
25	-363.12	11.0	S i O ₂	58	140.95	5.0	
26	-104.21	0.5		59	-92.02	7.0	S i O ₂
27	-1285.64	11.0	S i O ₂	60	-103.29	0.5	
28	-166.22	0.3		61	24.55	8.0	S i O ₂
29	116.73	15.0	S i O ₂	62	51.79	12.0	
30	-222.57	50.0					
31	945.64	14.0	S i O ₂				
32	-133.90	8.0					

[0058] Moreover, in drawing 13 (a) - (c), longitudinal aberration drawing of the 3rd example and drawing 13 (c) show chromatic-aberration-of-magnification drawing of the 3rd example, and drawing 13 (e) shows transverse aberration drawing of the 3rd example. These aberration drawing shows that many aberration is amended good in the field of a large image circle, although a numerical aperture is as large as 0.5 also in this example. Moreover, chromatic aberration is also amended good.

[0059] In addition, flat-surface Miller M1 who has long and slender opening in the center in this 3rd example And M4 It can replace by respectively long and slender flat-surface Miller. It is the modification of the projection aligner of the 3rd example shown in drawing 6 , it sets to this drawing 7 , and drawing 7 is flat-surface Miller M1 of drawing 6 . And M4 It has replaced by respectively long and slender flat-surface Miller M1 ' and M4 ' . It sets to drawing 7 and the light from the pattern in the lighting field 23 is the 1st convergence group G1. It passes and long and slender flat-surface Miller M1' installed at 45 degrees to the optical axis is reached. The 2nd convergence group G2 after passing through the side face of flat-surface Miller M1 ' The reflected flux of light carries out image formation of the 1st medium image of a pattern 24 into flat-surface Miller M1 ' . The flux of light reflected from the 1st medium image in the flat-surface Miller M1 ' is convergence group G3. It passes and image formation of the 2nd medium image is carried out into long and slender flat-surface Miller M4 ' installed in flat-surface Miller M1 ' by parallel. The flux of light reflected from this 2nd medium image is the 4th convergence group G4. It is reflected and returns to flat-surface Miller M4 ' . And the flux of light which passed through the side face of flat-surface Miller M4 ' is the 5th convergence group G5. It minds and image formation of the image of the 2nd medium image is carried out on a wafer 25. According to the example of this drawing 7 , since flat-surface Miller M1 ' long and slender as selection optical system and M4 ' are used, manufacture of selection optical system is easy.

[0060] [4th example] drawing 3 shows the outline configuration of the projection aligner of this 4th example, gives the same sign to the part corresponding to drawing 1 and drawing 2 in this drawing 3 , and omits that detail explanation. Focal distance f_3 which the exposure light IL from the illumination-light study system by which the graphic display abbreviation was carried out is irradiated by the lighting field 23 of the long and slender rectangle on reticle 21 in drawing 3 , and the light from the pattern in the lighting field 23 becomes from a dioptric lens group 3rd convergence group G3 It passes and he is flat-surface Miller M4. Central long and slender opening S2 Image formation of the medium image is carried out inside. Focal distance f_4 which the flux of light from this medium image becomes from a reflective dioptric lens group The 4th convergence

group G4 It is reflected and he is flat-surface Miller M4. It returns. And flat-surface Miller M4 Focal-distance f_5 which the reflected flux of light becomes from a dioptric lens group The 5th convergence group G5 It minds and image formation of the image of a medium image is carried out on a wafer 25.

[0061] Synchronizing with scanning reticle 21 at a rate V in the direction of SR to the lighting field 23, projection exposure of the image of the pattern of reticle 21 is serially carried out into the exposure field of a wafer 25 by scanning a wafer 25 by rate $\beta \cdot V$ in the SW direction to the slit-like exposure field 27. The projection scale factor β of the projection optical system of this 4th example is $1/4$.

[0062] As drawing 14 is expansion optical-path drawing of the projection optical system of the 4th example and it is shown in this drawing 14 3rd convergence group G3 which the light from the pattern on reticle 21 becomes from 16 dioptric lenses Pass. Flat-surface Miller M4 installed in the center at 45 degrees to the optical axis with opening Image formation of the medium image of the pattern is carried out into opening. The 4th convergence group G4 which the light from this medium image becomes from the lieberkuhn M41 and a negative meniscus lens The light which resulted and was reflected by the 4th convergence group G4 is flat-surface Miller M4. It is reflected on the outskirts. Thus, the 5th convergence group G5 which the reflected light becomes from five dioptric lenses It passes and image formation of the image of the pattern is carried out to the front face of a wafer 25.

[0063] Moreover, as shown in drawing 14 , it is 3rd convergence group G3. Sequentially from reticle 21 To reticle 21, a convex To the turned negative meniscus lens L31 and reticle 21, a convex To the turned negative meniscus lens L32 and reticle 21, a concave surface To the turned negative meniscus lens L33 and reticle 21, a convex The turned negative meniscus lens L34, the positive meniscus lens L35 which turned the concave surface to reticle 21, a convex lens L36, the positive meniscus lens L37 which turned the concave surface to reticle 21, a convex lens L38, the positive meniscus lens L39 which turned the concave surface to reticle 21, convex lens L3A, It consists of convex lens L3B, negative meniscus lens L3C which turned the concave surface to reticle 21, negative meniscus lens L3D which turned the convex to reticle 21, concave lens L3E, convex lens L3F, and convex lens L3G.

[0064] And the 4th convergence group G4 It consists of the negative meniscus lens L41 and lieberkuhn M41 which turned the concave surface to reticle 21, and is the 5th convergence group G5. It consists of negative meniscus lenses L55 which turned the convex to the positive meniscus lens L51 which turned the convex to reticle 21, the negative meniscus lens L52 which turned the convex to reticle 21, the positive meniscus

lens L53 which turned the convex to reticle 21, the positive meniscus lens L54 which turned the concave surface to reticle 21, and reticle 21.

[0065] In an operation mold, the projection scale factor of a projection optical system of the numerical aperture NA by the side of $1/4$ time and an image is [0.3 and the body high] 12mm. Moreover, a dioptric lens uses a fused quartz and the chromatic aberration of a shaft top and a scale factor is amended to wavelength width of face of 1nm in the wavelength of 193nm of ultraviolet-rays excimer laser. Moreover, since the optical system of the outstanding engine performance by which spherical aberration, comatic aberration, astigmatism, and distortion were amended by fitness to the condition almost near non-aberration is offered, even if it uses optical system 2 to 3 times, carrying out proportion amplification, the good engine performance can be held.

[0066] The radius of curvature r_i in the 4th example, and spacing d_i And ** material is shown in the following table 4. In the following tables, the 35th page is a virtual side for expressing the lieberkuhn in expansion optical-path drawing.

[0067]

[A table 4]

i	r _i	d _i	material	i	r _i	d _i	material
0	—	4.0		25	48.77	10.0	S i O ₂
1	95.98	10.0	S i O ₂	26	43.54	5.0	
2	65.75	12.0		27	-112.55	4.0	S i O ₂
3	1434.55	7.0	S i O ₂	28	21.60	1.5	
4	60.07	11.0		29	204.26	12.0	S i O ₂
5	-23.22	10.0	S i O ₂	30	-34.05	0.3	
6	-27.51	0.3		31	24.14	7.5	S i O ₂
7	251.93	8.0	S i O ₂	32	-42.62	140.0	
8	51.85	8.0		33	-131.63	10.5	S i O ₂
9	-68.40	7.0	S i O ₂	34	-280.63	5.2	
10	-66.60	51.0		35	∞	0.0	
11	763.14	15.0	S i O ₂	36	143.16	5.2	
12	-105.25	2.0		37	280.63	10.5	S i O ₂
13	-2171.46	11.0	S i O ₂	38	131.63	175.6	
14	-398.28	0.6		39	99.65	8.0	S i O ₂
15	657.88	15.0	S i O ₂	40	856.91	0.5	
16	-195.65	65.0		41	34.40	8.0	S i O ₂
17	-1397.29	14.0	S i O ₂	42	28.44	7.0	
18	-159.18	8.0		43	44.86	7.5	S i O ₂
19	238.03	11.0	S i O ₂	44	115.52	5.0	
20	-292.91	0.5		45	-79.28	7.0	S i O ₂
21	90.28	11.2	S i O ₂	46	-66.11	0.5	
22	-713.33	4.0		47	22.09	8.0	S i O ₂
23	-101.29	9.0	S i O ₂	48	18.08	11.9	
24	-216.96	0.3					

[0068] Moreover, in drawing 15 (a) - (c), longitudinal aberration drawing of the 4th example and drawing 15 (c) show chromatic aberration of magnification drawing of the

4th example, and drawing 15 (e) shows transverse aberration drawing of the 4th example. These aberration drawing shows that many aberration is amended good in the field of a large image circle also in this example. Moreover, chromatic aberration is also amended good. Next, although it is made desirable to be satisfied with this invention of the conditions of a (1) type - (6) type, it explains per [of each above-mentioned examples and those conditions] response below. First, the 1st convergence group G1 - the 5th convergence group G5 in each above-mentioned example The refractive index of pi ($i=1-5$) and each appearance is set to n_i ($i=1-5$), and each image formation scale factor is set [each focal distance] to β_{ai} ($i=1-5$) for f_i ($i=1-5$) and each PETTSU bar sum. Moreover, the 1st convergence group G1 And the 2nd convergence group G2 They are beta 12 and the 4th convergence group G4 about a composite image formation scale factor. And the 5th convergence group G5 These image formation scale factors beta12 and beta45 are expressed with β_{aij} , using a composite image formation scale factor as beta 45. The item of the 1st above-mentioned example - the 4th example is summarized in the following table 5 - a table 8, respectively. however, the whole system -- GT expressing -- the whole system GT The corresponding PETTSU bar sum pi and an image formation scale factor -- β_{ai} The PETTSU bar sum and the image formation scale factor of the whole system are shown in a column, respectively.

[0069]

[A table 5]

Item of the 1st example

	r	f_i	p_i	n_i	β_i	β_{ij}
G_1	—	-132.32	-0.00865	0.8737	0.5585	-0.254
G_2	-127	82.86	-0.01909	-0.6322	-0.455	
G_3	—	144.58	0.02795	0.2475	-0.9837	0.25
G_4	—	—	—	—	—	—
G_5	—	—	—	—	—	
G_T	—	—	0.00058	—	0.25	0.25

[0070]

[A table 6]

Item of the 2nd example

	r	f_i	p_i	n_i	β_i	β_{ij}
G_1	—	961.78	0.00105	0.99022	4.37	-0.620
G_2	-858	668.88	-0.00295	-0.50679	-0.141	
G_3	—	—	—	—	—	—
G_4	-833	656.08	-0.00305	-0.49974	20.262	-0.323
G_5	—	201.21	0.00487	1.02054	-0.015	
G_T	—	—	-0.00008	—	0.20	-0.20

[0071]

[A table 7]

Item of the 3rd example

	r	f_i	p_i	n_i	β_i	β_{ij}
G_1	—	-793.98	-0.00196	0.642	0.826	-0.412
G_2	-186	103.76	-0.01254	-0.768	-0.4988	
G_3	—	104.63	0.01688	0.566	-0.7755	-0.7755
G_4	-167	102.82	-0.01491	-0.653	-2.425	-0.7828
G_5	—	52.26	0.01294	1.483	0.3228	
G_T	—	—	0.00040	—	-0.25	-0.25

[0072]

[A table 8]

Item of the 4th example

	r	f_i	p_i	n_i	β_i	β_{ij}
G_1	—	—	—	—	—	—
G_2	—	—	—	—	—	
G_3	—	25.004	0.01409	2.8384	-0.2847	-0.2847
G_4	-143	94.979	-0.01687	-0.6241	-2.2162	-0.8783
G_5	—	84.227	0.00306	3.87995	0.3963	
G_T	—	—	0.00028	—	0.25	0.25

[0073] And the response value over the (1) type - (6) type of the 1st example - the 4th example is shown in a table 9.

[0074]

[A table 9]

Response value

条件式	実施例	1	2	3	4
(1)	$p_1 + p_3 + p_5 > 0$	0.0193	0.00592	0.02786	0.017
(2)	$p_2 + p_4 < 0$	-0.0191	-0.006	-0.02745	-0.017
(3)	$ p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 < 0.1$	0.0002	0.00008	0.00041	0.0
(4)	$0.1 \leq \beta_{12} \leq 2$	0.25	0.62	0.4	—
(5)	$0.1 \leq \beta_3 \leq 2$	0.98	—	0.77	0.28
(6)	$0.1 \leq \beta_{45} \leq 2$	—	0.32	0.78	0.88

[0075] As for each of these tables, in each above-mentioned example, all show that the conditions of a (1) type - (6) type are satisfied. In addition, in each above-mentioned example, although optical glass, such as a quartz and fluorite, is used as ** material which constitutes dioptric system, since optical glass, such as a quartz and fluorite, can let ultraviolet rays pass, it is convenient.

[0076] Moreover, you may make it use plastics optical material, such as an acrylic, polystyrene, and a polycarbonate, as an ingredient which constitutes dioptric system. Thereby, the optical system of low cost with mass production nature is realizable. Moreover, although the above-mentioned example is an example of actual size or a cutback projection optical system, use [it / as an amplification projection optical system] is clear by making relation between reticle 21 and a wafer 25 into reverse. Thus, this invention is not limited to the above-mentioned example, but can take configurations various in the range which does not deviate from the summary of this invention.

[0077]

[Effect of the Invention] the 1- of this invention -- since according to the 4th scanning reflective refraction projection aligner selection optical system can be used instead of a beam splitter and incoming beams and a reflected light bundle can be separated, reduction in the quantity of light can be lessened and the effect of heat fluctuation can be suppressed. Moreover, the quantity of light nonuniformity by the heterogeneity of the property of a beam splitter which became a problem at the time of the conventional beam-splitter activity can be lost now.

[0078] However, when flat-surface Miller who has long and slender opening is used in the center as selection optical system, in order for a part of flux of light to be kicked by the amount of opening in the center and not to contribute to image formation, an image formation property becomes what changed [that it is various and]. However, also in the cutback projection equipment of the usual dioptric system without electric shielding, the pupil of an illumination system can be covered selectively specially, recently resolution may be raised, and the heterogeneity of the image by change of an image formation property can be compensated with it by the property of the sensitization material on a substrate, or the design of a mask pattern.

[0079] For example, in the so-called deformation illumination performed now, raising and the depth of focus are made deep for resolution by covering a cross-joint mold by the pupil surface of an illumination-light study system. If a part for opening and long and slender flat-surface Miller itself of flat-surface Miller is doubled in such the covered section of a cross-joint mold, or a part for flat-surface Miller's opening and long and slender flat-surface Miller are made small and stationed from the configuration of the covered section, the flux of light can be passed achieving the image formation engine performance. By taking such a configuration, total quantity of light loss is slight compared with the case where a beam splitter is used, and is high. [of the utilization effectiveness of the illumination light]

[0080] Moreover, since a primary image formation scale factor (secondary [further] image formation scale factor) can be chosen freely, the condition of good optical-character ability is realizable.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the perspective view showing the outline configuration of the projection aligner of the 1st example of this invention.

[Drawing 2] It is the block diagram showing the stage device of the 1st example etc.

[Drawing 3] It is the block diagram showing the outline of the projection aligner of the 4th example of this invention.

[Drawing 4] It is the perspective view showing the outline configuration of the projection aligner of the 2nd example of this invention.

[Drawing 5] It is the block diagram showing the stage device of the 2nd example etc.

[Drawing 6] It is the block diagram showing the outline of the projection aligner of the

3rd example of this invention.

[Drawing 7] It is the block diagram showing the modification of the 3rd example.

[Drawing 8] It is expansion optical-path drawing showing the projection optical system of the 1st example.

[Drawing 9] It is aberration drawing of the 1st example.

[Drawing 10] It is expansion optical-path drawing showing the projection optical system of the 2nd example.

[Drawing 11] It is aberration drawing of the 2nd example.

[Drawing 12] It is expansion optical-path drawing showing the projection optical system of the 3rd example.

[Drawing 13] It is aberration drawing of the 3rd example.

[Drawing 14] It is expansion optical-path drawing showing the projection optical system of the 4th example.

[Drawing 15] It is aberration drawing of the 4th example.

[Description of Notations]

21 Reticle

23 Lighting Field of Long and Slender Rectangle

25 Wafer

30 Reticle Stage

33 Wafer Stage

G1 The 1st convergence group

G2 The 2nd convergence group

G3 The 3rd convergence group

G4 The 4th convergence group

G5 The 5th convergence group

M1, M4 Flat-surface mirror which has long and slender opening

S1, S2 Long and slender opening

M21, M41 Lieberkuhn

M1' and M4' -- a long and slender flat-surface mirror

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-349699

(43) 公開日 平成6年(1994)12月22日

(51) Int.Cl.³

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/027

G 0 2 B 13/24

17/08

9120-2K

A 9120-2K

7352-4M

H 0 1 L 21/ 30

3 1 1 L

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号

特願平5-137641

(22) 出願日

平成5年(1993)6月8日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 高橋 友刀

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

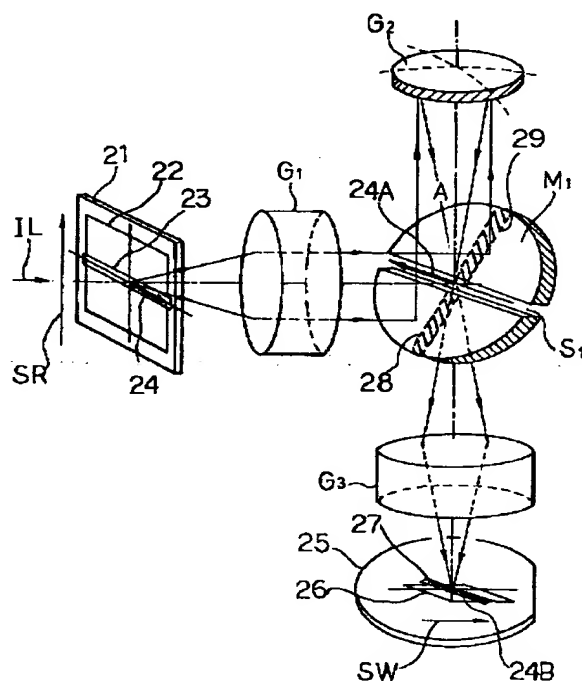
(74) 代理人 弁理士 大森 聡

(54) 【発明の名称】 走査型反射屈折投影露光装置

(57) 【要約】

【目的】 ビームスプリッターを用いることなく、反射系と屈折系とを用いて構成され、且つ光束のケラレの少ない高い開口数の反射屈折投影光学系を使用した、結像性能の優れたスリットスキャン露光方式の投影露光装置を提供する。

【構成】 照明領域 2 3 内のパターン 2 4 からの光が、第 1 収斂群 G_1 を経て、中央に細長い開口 S_1 が形成された平面ミラー M_1 に達し、平面ミラー M_1 で反射された後、第 2 収斂群 G_2 により反射された光束 A が、平面ミラー M_1 の細長い開口 S_1 内に、パターン 2 4 の中間像 2 4 A を結像する。その中間像 2 4 A からの光束が、第 3 収斂群 G_3 を介して、ウエハ 2 5 上に中間像 2 4 A の像 2 4 B を結像する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスクに形成されたパターン中のスリット状の照明領域内のパターンの像を基板側に投影する投影光学系を有し、前記スリット状の照明領域に対して所定方向に前記マスクを走査し、前記スリット状の照明領域と共役な露光領域に対して前記マスクと同期して前記基板を走査することにより、前記マスクのパターンの像を逐次前記基板上に投影露光する投影露光装置において、

前記投影光学系を、前記マスクのパターンの中間像を結像する第1部分結像光学系と、前記中間像の像を前記基板上に結像する第2部分結像光学系とより構成し、前記第1部分結像光学系を、

前記スリット状の照明領域内の前記マスクのパターンからの光束を収斂する正の屈折力を有する第1収斂群と；光軸に対して斜めに配置され、第1の領域の光を通過させ該第1の領域とは異なる第2の領域の光を反射することにより、前記第1収斂群からの光束を後続の光学系に導く選択光学系と；凹面反射鏡を含み、前記選択光学系からの光束を反射して前記選択光学系の前記第1の領域又は前記第2の領域内のスリット状の領域に前記パターンの中間像を結像する正の屈折力を持つ第2収斂群と；より構成したことを特徴とする走査型反射屈折投影露光装置。

【請求項2】 前記第2部分結像光学系を、

前記選択光学系の裏面に配置され、前記選択光学系の前記第1の領域に対応する第1の領域の光を通過させ前記第2の領域の裏面の第2の領域の光を反射する第2選択光学系と；凹面反射鏡を含み、前記選択光学系からの光束を反射して前記第2選択光学系の第1の領域又は第2の領域に光を戻す正の屈折力を持つ第3収斂群と；前記第2選択光学系からの光束を収斂して前記パターンの像を前記基板上に結像する正の屈折力を持つ第4収斂群と；より構成したことを特徴とする請求項1記載の走査型反射屈折投影露光装置。

【請求項3】 前記第2部分結像光学系を、

前記第1中間像からの光束を収斂して前記パターンの第2中間像を結像する正の屈折力を持つ第3収斂群と；光軸に対して斜めに配置され、第1の領域の光を通過させ該第1の領域とは異なる第2の領域の光を反射することにより、前記第2中間像の光束を後続の光学系に導く第2選択光学系と；凹面反射鏡を含み、前記第2選択光学系からの光束を反射して前記第2選択光学系の第1の領域又は第2の領域に光を戻す正の屈折力を持つ第4収斂群と；前記第2選択光学系からの光束を収斂して前記パターンの像を前記基板上に結像する正の屈折力を持つ第5収斂群と；より構成したことを特徴とする請求項1記載の走査型反射屈折投影露光装置。

【請求項4】 マスクに形成されたパターン中のスリット状の照明領域内のパターンの像を基板側に投影する投

影光学系を有し、前記スリット状の照明領域に対して所定方向に前記マスクを走査し、前記スリット状の照明領域と共役な露光領域に対して前記マスクと同期して前記基板を走査することにより、前記マスクのパターンの像を逐次前記基板上に投影露光する投影露光装置において、

前記投影光学系を、前記マスクのパターンの中間像を結像する第1部分結像光学系と、前記中間像の像を前記基板上に結像する第2部分結像光学系とより構成し、前記第2部分結像光学系を、

光軸に対して斜めに配置され、第1の領域の光を通過させ該第1の領域とは異なる第2の領域の光を反射すると共に、前記第1の領域又は前記第2の領域内のスリット状の領域内に前記中間像が結像され、前記中間像の光束を後続の光学系に導く選択光学系と；凹面反射鏡を含み、前記選択光学系からの光束を反射して前記選択光学系の第1の領域又は第2の領域に光を戻す正の屈折力を持つ第1収斂群と；前記選択光学系からの光束を収斂して前記パターンの像を前記基板上に結像する正の屈折力を持つ第2収斂群と；より構成したことを特徴とする走査型反射屈折投影露光装置。

【請求項5】 前記第1収斂群、前記第2収斂群及び前記第2部分結像光学系の個別のベツツパール和をそれぞれ p_1 、 p_2 及び p_3 としたとき、

$$p_1 + p_3 > 0, \quad p_2 < 0, \quad \text{及び} \quad |p_1 + p_2 + p_3| < 0.1$$

が成立すると共に、前記マスクのパターンから前記中間像への倍率を β_n とし、前記中間像から前記基板上への倍率を β_s としたとき、

$$0.1 \leq |\beta_n| \leq 2, \quad \text{及び} \quad 0.1 \leq |\beta_s| \leq 2$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1記載の走査型反射屈折投影露光装置。

【請求項6】 前記第1収斂群、前記第2収斂群、前記第3収斂群及び前記第4収斂群の個別のベツツパール和をそれぞれ p_1 、 p_2 、 p_4 及び p_5 としたとき、

$$p_1 + p_5 > 0, \quad p_2 + p_4 < 0, \quad \text{及び} \quad |p_1 + p_2 + p_4 + p_5| < 0.1$$

が成立すると共に、前記マスクのパターンから前記中間像への倍率を β_n とし、前記中間像から前記基板上への倍率を β_s としたとき、

$$0.1 \leq |\beta_n| \leq 2, \quad \text{及び} \quad 0.1 \leq |\beta_s| \leq 2$$

の条件を満足することを特徴とする請求項2記載の走査型反射屈折投影露光装置。

【請求項7】 前記第1収斂群～前記第5収斂群の個別のベツツパール和をそれぞれ $p_1 \sim p_5$ としたとき、

$$p_1 + p_2 + p_5 > 0, \quad p_2 + p_4 < 0, \quad \text{及び} \quad |p_1 + p_2 + p_4 + p_5| < 0.1$$

が成立すると共に、前記マスクのパターンから前記中間像への倍率を β_n 、前記中間像から前記第2中間像への倍率を β_1 、前記第2中間像から前記基板上への倍率を β_s としたとき、

$0.1 \leq |\beta_{11}| \leq 2$ 、 $0.1 \leq |\beta_{12}| \leq 2$ 、及び $0.1 \leq |\beta_{13}| \leq 2$

の条件を満足することを特徴とする請求項3記載の走査型反射屈折投影露光装置。

【請求項8】 前記第1部分結像結像光学系、前記第1収斂群及び前記第2収斂群の個別のベッツパル和をそれぞれ p_1 、 p_2 及び p_3 としたとき、

$p_1 + p_2 > 0$ 、 $p_3 < 0$ 、及び $|p_1 + p_2 + p_3| < 0.1$

が成立すると共に、前記マスクのパターンから前記中間像への倍率を β_1 とし、前記中間像から前記基板上への倍率を β_2 としたとき、

$0.1 \leq |\beta_1| \leq 2$ 、及び $0.1 \leq |\beta_2| \leq 2$

の条件を満足することを特徴とする請求項4記載の走査型反射屈折投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えば半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に使用される所謂スリットスキャン露光方式の投影露光装置に関し、特に反射屈折光学系よりなる投影光学系を用いることにより、紫外線波長域でサブミクロン単位の解像度を有する走査型反射屈折投影露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に、フォトマスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）のパターン像を投影光学系を介して例えば1/5程度に縮小して、感光材（フォトリソレジスト等）が塗布された基板（ウエハ、ガラスプレート等）上に露光する投影露光装置が使用されている。半導体素子等の集積度が益々向上するにつれて、これらのパターンを焼き付ける投影露光装置はより解像力の高いものが要求されてきている。

【0003】この要求を満足するためには、露光光の波長（露光波長）を短波長化するか、又は投影光学系の開口数（NA）を大きくしなければならない。しかしながら、露光波長が短くなると、露光光の吸収のため実用に耐える光学ガラスが限られてくる。特に露光波長が300nm以下となると、実用上使用できる硝材は合成石英及び蛍石だけとなる。両者のアッペ数は色収差を補正するのに十分なほど離れていないので、色収差補正が極めて困難となる。また、蛍石は温度変化による屈折率の変化、所謂温度特性が悪い上に、レンズ研磨の加工上多くの問題を持っているので、投影光学系内の多くの部分に使用することは出来ない。従って、屈折系のみで光学系を構成して投影光学系を作製することは非常に難しいものとなる。

【0004】そこで、反射系で光学系を構成することも試みられているが、この場合、光学系の大型化、非球面化が必要となり、この試みも極めて困難である。このため、反射系と露光波長での使用に耐える光学ガラスから

なる屈折系とを組み合わせた所謂反射屈折光学系で縮小投影光学系を構成する技術が種々提案されている。その一例として、投影光学系中にビームスプリッターを配置することにより、軸上付近の光束を使って一括してレチクルの像を投影する反射屈折光学系を備えた縮小投影露光装置が、例えば特公昭51-27116号公報や特開平2-66510号公報において開示されている。

【0005】これに関して、半導体素子を例にとると、最近では1つのチップパターンの面積が大型化する傾向にあるため、投影光学系では解像度を向上する他に、1回で露光できる露光フィールドの面積を大きくすることも要求されている。しかしながら、解像度を大きくした投影光学系で更に露光フィールドを大型化するのは設計上及び製造上で困難である。また、反射屈折系を使用した場合には、良好な結像が行われる領域が細長い矩形又は円弧状の領域になる傾向がある。そこで、最近では所謂スリットスキャン露光方式の投影露光装置が注目されている。このスリットスキャン露光方式では、投影光学系の投影倍率を β として、矩形、円弧状又は正六角形状等の照明領域（スリット状の照明領域）に対してレチクルを所定の速度Vで走査すると同期して、ウエハをその照明領域と共役な露光領域に対して速度 $\beta \cdot V$ で走査することにより、レチクルのパターンを逐次ウエハの各露光フィールド（ショット領域）上に露光するものである。

【0006】このようなスリットスキャン露光方式の投影露光装置用の投影光学系の例として、特開昭63-163319号公報に開示されているようなリング視野光学系がある。この光学系では一括で露光することなく、軸外の輪帯部のみを露光するように構成されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記の如き従来の技術において、投影光学系中にビームスプリッターを配置した例では、ビームスプリッター以降の光学系の屈折面での反射光や、ウエハに照射された結像光が、ウエハにより反射されて元の光路を戻り、凹面の反射ミラーで再反射され、再びウエハ面に到達する場合がある。従って、これらの迷光によるフレアーが多く、且つビームスプリッターの反射特性の不均一性、ビームスプリッターによる吸収、及びビームスプリッターでの位相変化などがあり、これらに起因する結像特性の劣化を改善しなければならない。しかし、一般には改善しきれないため、総合的な解像力が劣化し、半導体製造用露光装置としては到底使用に耐えるものではなかった。

【0008】また、フレアーを避けるため、同じくビームスプリッターを配置した投影光学系を使用して、スリットスキャン露光方式で露光を行う例では、ビームスプリッターによる光量損失のため、光の利用効率は25%～10%程度の低いものである。例えば、透過光と反射光との比が50%対50%のビームスプリッターを用いて、露光光がそのビームスプリッターを2回通過する場合、得ら

れる光量は25%になってしまう。そこで、そのような光の低い利用効率による露光エネルギーの低下を改善するために光量を上げると、熱変動が激しくなり、実用化のためには多くの課題を有するものであった。つまり、そのような光量の低下を入射光の光量増加で補おうとすると、ビームスプリッターへの入射前の屈折光学系を通る光量と、ビームスプリッター通過後の屈折光学系を通る光量との間に非常に大きな差が生じるために、屈折レンズの熱変動による差が大きく影響して、到底一定の良好な結像特性を実現することは困難であった。

【0009】また、上述のリング視野光学系を用いた例では、一括で露光しないで軸外の輪帯部のみを用いてスリットスキャン露光方式で露光するように構成されている。この例では、反射光学系の部分で入射光と反射光とが互いに干渉しないように軸外光束を用いている。この場合、お互いの光束がケラレないようにする必要があるが、そのために開口数を大きくすることが困難である。更に、光学部材が光軸に対して非対称の構成となるため、光学部材の加工、検査、調整が困難で、精度出しや精度の維持が難しかった。

【0010】本発明は斯かる点に鑑み、ビームスプリッターを用いること無く、反射系と屈折系とを用いて構成され、且つ軸外光束を用いて輪帯部のみを露光するリング視野光学系とは異なり光束のケラレの無い高い開口数の反射屈折投影光学系を使用した、結像性能の優れた走査型反射屈折投影露光装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の走査型反射屈折投影露光装置は、例えば図1及び図2に示すように、マスク(21)に形成されたパターン中のスリット状の照明領域(23)内のパターンの像を基板(25)側に投影する投影光学系を有し、スリット状の照明領域(23)に対して所定方向にマスク(21)を走査し、スリット状の照明領域(23)と共役な露光領域(27)に対してマスク(21)と同期して基板(25)を走査することにより、マスク(25)のパターンの像を逐次基板(25)上に投影露光する投影露光装置において、その投影光学系を、マスク(21)のパターンの中間像(24A)を結像する第1部分結像光学系と、中間像(24A)の像(24B)を基板(25)上に結像する第2部分結像光学系(G₂)とより構成し、その第1部分結像光学系を、スリット状の照明領域(23)内のマスク(21)のパターンからの光束を収斂する正の屈折力を有する第1収斂群(G₁)と、光軸に対して斜めに配置され、第1の領域の光を通過させ該第1の領域とは異なる第2の領域の光を反射することにより、第1収斂群(G₁)からの光束を後続の光学系に導く選択光学系(M₁)と、凹面反射鏡を含み、選択光学系(M₁)からの光束を反射して選択光学系(M₁)の第1の領域又は

第2の領域内のスリット状の領域(S₁)にそのパターンの中間像(24A)を結像する正の屈折力を持つ第2収斂群(G₂)と、より構成したものである。

【0012】また、本発明の第2の走査型反射屈折投影露光装置は、例えば図5に示すように、その第2部分結像光学系を、選択光学系(M₁)の裏面に配置され、選択光学系(M₁)のその第1の領域に対応する第1の領域の光を通過させその第2の領域の裏面の第2の領域の光を反射する第2選択光学系(M₂)と、凹面反射鏡を含み、選択光学系(M₁)からの光束を反射して第2選択光学系(M₂)の第1の領域又は第2の領域に光を戻す正の屈折力を持つ第3収斂群(G₃)と、第2選択光学系(M₂)からの光束を収斂してそのパターンの像を基板(25)上に結像する正の屈折力を持つ第4収斂群(G₄)と、より構成したものである。

【0013】また、本発明の第3の走査型反射屈折投影露光装置は、例えば図6に示すように、その第2部分結像光学系を、その中間像からの光束を収斂してそのパターンの第2中間像を結像する正の屈折力を持つ第3収斂群(G₃)と、光軸に対して斜めに配置され、第1の領域の光を通過させ該第1の領域とは異なる第2の領域の光を反射することにより、その第2中間像の光束を後続の光学系に導く第2選択光学系(M₂)と、凹面反射鏡を含み、第2選択光学系(M₂)からの光束を反射して第2選択光学系(M₂)の第1の領域又は第2の領域に光を戻す正の屈折力を持つ第4収斂群(G₄)と、第2選択光学系(M₂)からの光束を収斂してそのパターンの像を基板(25)上に結像する正の屈折力を持つ第5収斂群(G₅)と、より構成したものである。

【0014】また、本発明の第4の走査型反射屈折投影露光装置は、例えば図3に示すように、マスク(21)に形成されたパターン中のスリット状の照明領域(23)内のパターンの像を基板(25)側に投影する投影光学系を有し、スリット状の照明領域(23)に対して所定方向にマスク(21)を走査し、スリット状の照明領域(23)と共役な露光領域(27)に対してマスク(21)と同期して基板(25)を走査することにより、マスク(21)のパターンの像を逐次基板(25)上に投影露光する投影露光装置において、その投影光学系を、マスク(21)のパターンの中間像を結像する第1部分結像光学系(G₁)と、その中間像の像を基板(25)上に結像する第2部分結像光学系とより構成し、その第2部分結像光学系を、光軸に対して斜めに配置され、第1の領域の光を通過させ該第1の領域とは異なる第2の領域の光を反射すると共に、それら第1の領域又は第2の領域内のスリット状の領域(S₁)にその中間像が結像され、その中間像の光束を後続の光学系に導く選択光学系(M₁)と、凹面反射鏡を含み、選択光学系(M₁)からの光束を反射して選択光学系(M₁)の第1の領域又は第2の領域に光を戻す正の屈折力を持つ第1収斂群

(G₁)と、選択光学系(M₁)からの光束を収斂してそのパターンを基板(25)上に結像する正の屈折力を持つ第2収斂群(G₂)と、より構成したものである。

【0015】この場合、第1の走査型反射屈折投影露光装置(図2)において、第1収斂群(G₁)、第2収斂群(G₂)及び第2部分結像光学系(G₃)の個別のベッツパール和をそれぞれp₁、p₂及びp₃として、マスクから中間像への倍率をβ₁₂とする。また、第2の走査型反射屈折投影露光装置(図5)において、第1収斂群(G₁)、第2収斂群(G₂)、第3収斂群(G₃)及び第4収斂群(G₄)の個別のベッツパール和をそれぞれp₁、p₂、p₃及びp₄として、マスクから中間像への第1次結像の倍率をβ₁₂、中間像から基板への倍率をβ₃とする。

【0016】同様に、第3の走査型反射屈折投影露光装置(図6)において、第1収斂群(G₁)、第2収斂群(G₂)、第3収斂群(G₃)、第4収斂群(G₄)及び第5収斂群(G₅)の個別のベッツパール和をそれぞれp₁、p₂、p₃、p₄及びp₅として、第1次結像の倍率をβ₁₂、中間像から第2中間像への第2次結像の倍率をβ₃、第2中間像から基板上への第3次結像の倍率をβ₄₅とする。また、第4の走査型反射屈折投影露光装置(図3)において、第1部分結像光学系(G₁)、第1収斂群(G₁)及び第2収斂群(G₂)の個別のベッツパール和をそれぞれp₁、p₂及びp₃として、第1次結像の倍率をβ₁、中間像から基板上への第2次結像の倍率をβ₄₅とする。この場合、次の関係を満足することが望ましい。但し、含まれていない収斂群又は部分結像光学系に関するベッツパール和は0とみなして以下の式を適用する。

【0017】

$$p_1 + p_2 + p_3 > 0 \quad (1)$$

$$p_2 + p_4 < 0 \quad (2)$$

$$|p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5| < 0.1 \quad (3)$$

$$0.1 \leq |\beta_{12}| \leq 2 \quad (4)$$

$$0.1 \leq |\beta_3| \leq 2 \quad (5)$$

$$0.1 \leq |\beta_{45}| \leq 2 \quad (6)$$

【0018】

【作用】斯かる本発明の第1の走査型反射屈折投影露光装置(図1、図2)によれば、投影光学系の倍率をβとした場合、スリット状の照明領域(23)に対してマスク(21)をSR方向に速度Vで走査し、スリット状の照明領域(23)と共役な露光領域(27)に対して基板(25)をSW方向に速度β・Vで走査することにより、マスク(21)のパターン領域(22)内のパターンの像が逐次基板(25)の露光フィールド(26)内に露光される。

【0019】また、投影光学系では選択光学系(M₁)により照明光の光路を折り曲げているため、ビームスプリッターは使用されていない。選択光学系としては、スリ

ット状の開口が形成されたミラー、又はスリット状のミラー等が使用できる。従って、ビームスプリッターに起因するフレアー、並びにビームスプリッターにおける反射特性の不均一性、吸収、及び位相変化などに起因する結像特性の劣化が無くなり、総合的な解像力が向上する。また、選択光学系(M₁)における光束の損失が少ないため、照明光の利用効率が高い。

【0020】また、軸外光束のみを用いて輪帯部のみを露光するリング視野光学系とは異なり、本発明では、スリット状の露光領域(27)内の全体を露光するようにしているため、光束のケラレが無い。従って、光学部材の加工、検査、調整が容易で、精度出しや精度の維持が行い易く、且つ高い開口数が可能となる。また、以上の作用効果は、本発明の第2～第4の走査型反射屈折投影露光装置についても共通である。

【0021】更に本発明において、投影光学系の性能を上げるためには、先ず投影光学系全体のベッツパール和を0付近にしなければならない。仮にベッツパール和が0付近にないと投影像面は平坦なものとならず、湾曲したものとなる。そのようにベッツパール和を0付近にするための条件が上述の(1)式～(3)式の条件であり、(1)式～(3)式の条件を満足させることにより、光学性能、特に像面の曲がりを防いで平坦性が良好になる。

【0022】(3)式の上限を外れると像面は基板(25)側に凹面に湾曲し、(3)式の下限を越えると像面は基板(25)側に凸面に湾曲し、共に結像性能が著しく劣化する。また、第1次結像の倍率β₁₂、第2次結像の倍率β₃、第3次結像の倍率β₄₅について、(4)式～(6)式の条件を満足する場合には、無理なく投影光学系を構成することができる。(4)式～(6)式の下限を外れると、縮小倍率がかかり過ぎて、広範囲の露光が困難となる。また、(4)式～(6)式の上限を外れると、倍率が拡大され過ぎて、本来の使用目的に反することになる。

【0023】また、選択光学系(例えば図1のM₁)の位置と、投影光学系の入射瞳及び射出瞳の位置とをほぼ一致させると、物体高の変化に対して瞳上の遮蔽部分が変化しないので、像面全面に亘って、結像性能の変化はなくなる。

【0024】

【実施例】以下、本発明の種々の実施例につき図面を参照して説明する。以下の実施例は、レチクルのパターンの像を投影光学系を介して、スリットスキャン露光方式でフォトレジストが塗布されたウエハ上に所定倍率(等倍を含む)で投影する投影露光装置に本発明を適用したものである。

【0025】以下の実施例では投影光学系のレンズ配置を例えば図8に示すように、展開光路図で表す。展開光路図においては、反射面は透過面として表され、レチク

ル21からの光が通過する順に各光学要素が配列される。また、凹面反射鏡の部分(例えば M_{21})では、平面の仮想面(例えば第12面 r_{12})が使用される。そして、レンズの形状及び間隔を表すために、例えば図8に示すように、レチクル21のパターン面を第0面として、レチクル21から射出された光がウエハ25に達するまでに通過する面を順次第 i 面($i=1, 2, \dots$)として、第 i 面の曲率半径 r_i の符号は、展開光路図の中でレチクル21に対して凸の場合を正にとる。また、第 i 面と第 $(i+1)$ 面との面間隔を d_i とする。

【0026】また、硝材として、 CaF_2 は螢石、 SiO_2 は石英ガラスをそれぞれ表す。石英ガラス及び螢石の使用基準波長(248nm)に対する屈折率は次のとおりである。

石英ガラス: 1.508327、

螢石: 1.467845

但し、使用基準波長が193nmの場合には、石英ガラスの屈折率は次のようになる。

石英ガラス: 1.56100

【0027】[第1実施例] 第1実施例の投影露光装置の概略構成を図1及び図2に示す。図1において、図示省略された照明光学系からの露光光ILが、レチクル21のパターン領域22上の細長い矩形の照明領域23に照射されている。照明領域23内のパターン24からの光が、屈折レンズ群よりなる焦点距離 f_1 の第1収斂群 G_1 を経て、光軸に対して 45° で斜設され中央に細長い開口 S_1 が形成された平面ミラー M_1 に達する。平面ミラー M_1 に形成された細長い開口 S_1 の方向は、照明領域23の長手方向と平行である。その細長い開口 S_1 の幅は、入射する光束の平面ミラー M_1 上での幅の10%~20%より狭くなる程度に設定する。また、結像特性の方向性をなくすために、平面ミラー M_1 上に細長い開口 S_1 に直交する方向に細長い遮光域28及び29を形成しても良い。

【0028】平面ミラー M_1 で反射された後、反射屈折レンズ群よりなる焦点距離 f_2 の第2収斂群 G_2 により反射された光束Aが、平面ミラー M_1 の細長い開口 S_1 内に、パターン24の中間像24Aを結像する。その中間像24Aからの光束が、細長い開口 S_1 を通過した後、屈折レンズ群よりなる焦点距離 f_3 の第3収斂群 G_3 を介して、ウエハ25の露光フィールド(ショット領域)26上に中間像24Aの像24Bを結像する。投影光学系全体の投影倍率を β として、照明領域23の長手方向に垂直なSR方向に速度Vでレチクル21を走査すると同期して、照明領域23と共役なスリット状の露光領域27に対してウエハ25をSR方向と共役なSW方向に速度 $\beta \cdot V$ で走査することにより、レチクル21のパターン領域22のパターンの像が、逐次ウエハ25の露光フィールド26内に投影露光される。この第1実施例の投影光学系の投影倍率 β は $1/4$ である。

【0029】図2は、第1実施例のステージ機構を示し、この図2に示すように、レチクル21はレチクルステージ30により照明領域23に対してSR方向に走査され、主制御系31がレチクルステージ制御系32を介して、レチクルステージ30の走査速度及び走査のタイミング等を設定する。また、ウエハ25はウエハステージ33により露光領域27に対してSW方向に走査され、主制御系31がウエハステージ制御系34を介して、ウエハステージ33の走査速度及び走査のタイミングを設定する。主制御系31が、レチクル21及びウエハ25の走査の同期を取ると共に、レチクル21とウエハ25との相対速度の調整を行う。また、投影光学系の光軸は図2の紙面に平行であり、照明領域23の長手方向及び平面ミラー M_1 の細長い開口 S_1 の長手方向は共に図2の紙面に垂直な方向であり、平面ミラー M_1 は、図2の紙面に垂直な軸を中心として投影光学系の光軸に対して 45° 回転している。

【0030】図8は、第1実施例の投影光学系の展開光路図を示し、この図8に示すように、レチクル21上のパターンからの光が、屈折レンズ4枚からなる第1収斂群 G_1 を経て、中央に細長い開口を持ち光軸に対して 45° で斜設された平面ミラー M_1 の周辺部で反射された後、凹面反射鏡 M_{21} とその前に配置された負メニスカスレンズ L_{21} とからなる第2収斂群 G_2 に至り、第2収斂群 G_2 で反射された光が平面ミラー M_1 の開口内にそのパターンの中間像を結像する。そして、この中間像からの光が、屈折レンズ14枚からなる第3収斂群 G_3 を経て、ウエハ25の表面にそのパターンの像を結像する。

【0031】また、第1収斂群 G_1 はレチクル21側から順に、レチクル21に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{11} 、レチクル21に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{12} 、両凸レンズ(以下、単に「凸レンズ」という) L_{13} 及び両凹レンズ(以下、単に「凹レンズ」という) L_{14} より構成され、第2収斂群 G_2 は、レチクル21に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{21} 及び凹面反射鏡 M_{21} よりなる。また、第3収斂群 G_3 は、レチクル21に凹面を向けた正メニスカスレンズ L_{31} 、レチクル21に凹面を向けた正メニスカスレンズ L_{32} 、凸レンズ L_{33} 、レチクル21に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{34} 、凸レンズ L_{35} 、凸レンズ L_{36} 、レチクル21に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{37} 、凸レンズ L_{38} 、レチクル21に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{39} 、レチクル21に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{40} 、凸レンズ L_{41} 、レチクル21に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{42} 、レチクル21に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{43} 及びレチクル21に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{44} より構成されている。

【0032】即ち、本例の結像倍率は $1/4$ 倍、開口数は0.4、物体高は20mmである。また、屈折レンズは熔融石英を使用し、紫外線エキシマレーザの193nm

mの波長における、1 nmの波長幅に対して軸上及び倍率の色収差が補正されている。また、球面収差、コマ収差、非点収差、ディストーションともほぼ無収差に近い状態まで良好に補正された優れた性能の投影光学系を提供しているため、光学系を2～3倍に比例拡大して使用しても、良好な性能を保持できるものである。

【0033】第1実施例における曲率半径 r_i 、面間隔 d_i 及び硝材を次の表1に示す。以下の表において、第12面は凹面反射鏡を展開光路図で表すための仮想面である。

【0034】

【表1】

i	r_i	d_i	硝材	i	r_i	d_i	硝材
0	—	2.2		25	148.11	8.0	SiO ₂
1	35.81	8.0	SiO ₂	26	-277.55	2.6	
2	59.46	12.6		27	-68.13	7.5	SiO ₂
3	356.73	6.0	SiO ₂	28	-144.78	0.3	
4	30.20	11.7		29	111.88	11.0	SiO ₂
5	41.51	8.0	SiO ₂	30	-244.49	0.5	
6	-300.87	7.3		31	78.03	11.0	SiO ₂
7	-79.79	6.0	SiO ₂	32	335.30	5.0	
8	50.60	221.9		33	-89.48	9.0	SiO ₂
9	-110.93	10.0	SiO ₂	34	-178.22	3.0	
10	-226.62	6.0		35	61.88	8.0	SiO ₂
11	-126.76	0.0		36	-734.75	5.0	
12	∞	6.0		37	47.13	6.0	SiO ₂
13	226.62	10.0	SiO ₂	38	22.27	2.0	
14	110.93	119.9		39	26.01	8.5	SiO ₂
15	-31.41	8.0	SiO ₂	40	208.27	3.0	
16	-28.37	1.0		41	18.76	5.0	SiO ₂
17	-76.17	6.0	SiO ₂	42	15.39	11.9	
18	-38.10	1.0					
19	130.38	8.0	SiO ₂				
20	-122.63	1.0					
21	76.08	9.4	SiO ₂				
22	61.43	34.9					
23	172.92	8.0	SiO ₂				
24	-139.74	1.0					

【0035】また、図9(a)～(c)は第1実施例の縦収差図、図9(c)は第1実施例の倍率色収差図、図9(e)は第1実施例の横収差図を示す。これら収差図より、本例においても開口数が0.4と大きいにも拘らず、広いイメージサークルの領域内で諸収差が良好に補正されていることが分かる。また、色収差も良好に補正されている。

【0036】上述のように本実施例によれば、図1に示すように、これまでのビームスプリッターの代わりに、入射光束と反射光束を分離するためにほぼ中央部分に細長い開口が設けられた平面ミラーM₁を用い、凹面反射鏡を主とする第2収斂群G₂による第1次結像が、平面ミラーM₁の開口S₁にくるように配置している。そして、その平面ミラーM₁の開口S₁を通過した光束に、

第3収斂群 G_3 により、第2次結像をさせている。従って、フレアー等の原因になるビームスプリッターを用いることなく、光束の大部分を結像に使うことができる。

【0037】また、スリット状の照明領域23内のパターンの像を平面ミラー M_1 の細長い開口 S_1 内に結像させているため、第1次結像による光束のケラレは、走査方向に対して直角方向に細長いスリット状の遮蔽部分となるので、結像性能への影響は少ない。

【0038】[第2実施例] 図4及び図5はこの第2実施例の投影露光装置の概略構成を示し、この図4及び図5において図1及び図2に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。図4において、図示省略された照明光学系からの露光光 IL が、レチクル21上の細長い矩形の照明領域23に照射され、照明領域23内のパターン24からの光が、屈折レンズ群よりなる焦点距離 f_1 の第1収斂群 G_1 を経て、光軸に対して 45° で斜設され中央に細長い開口 S_1 が形成された平面ミラー M_1 に達する。平面ミラー M_1 の裏面には平面ミラー M_4 が接合され、平面ミラー M_1 の開口 S_1 がそのまま平面ミラー M_4 の開口 S_2 となっている。

【0039】平面ミラー M_1 で反射された後、反射屈折レンズ群よりなる焦点距離 f_2 の第2収斂群 G_2 により反射された光束 A が、平面ミラー M_1 の細長い開口 S_1 内に、パターン24の中間像24Aを結像する。その中間像24Aから射出され、開口 S_1 及び平面ミラー M_1 の開口 S_2 を通過した後、反射屈折レンズ群よりなる焦点距離 f_3 の第3収斂群 G_3 により反射された光束 B が、平面ミラー M_4 に戻る。そして、平面ミラー M_4 で反射された光束が、屈折レンズ群よりなる焦点距離 f_4 の第4収斂群 G_4 を介して、ウエハ25上に中間像24Aの像24Bを結像する。

【0040】投影光学系全体の投影倍率を β として、照明領域23に対してSR方向に速度 V でレチクル21を走査するのと同期して、スリット状の露光領域27に対してウエハ25をSW方向に速度 $\beta \cdot V$ で走査することにより、レチクル21のパターンの像が、逐次ウエハ25の露光フィールド26内に投影露光される。この第2実施例の投影光学系の投影倍率 β は $1/5$ である。

【0041】図5は、第2実施例のステージ機構を示し、この図5に示すように、投影光学系の光軸は図5の紙面に平行であり、照明領域23の長手方向及び平面ミラー M_1 、 M_4 の細長い開口 S_1 、 S_2 の長手方向は共に図5の紙面に垂直な方向であり、平面ミラー M_1 、 M_4 は、図5の紙面に垂直な軸を中心として投影光学系の光軸に対して 45° 回転している。ステージの構成は第1実施例と同様である。

【0042】図10は、第2実施例の投影光学系の展開

光路図を示し、この図10に示すように、レチクル21上のパターンからの光が、屈折レンズ9枚からなる第1収斂群 G_1 を経て、中央に細長い開口を持ち光軸に対して 45° で斜設された平面ミラー M_1 の周辺部で反射された後、凹面反射鏡 M_{11} とその前に配置された負メニスカスレンズ L_{11} とからなる第2収斂群 G_2 に至り、第2収斂群 G_2 で反射された光が平面ミラー M_1 の開口内にそのパターンの中間像を結像する。そして、この中間像からの光が、凹面反射鏡 M_{11} とその前に配置された負メニスカスレンズ L_{11} とからなる第3収斂群 G_3 に至り、第3収斂群 G_3 で反射された光が平面ミラー M_4 で反射された後、屈折レンズ9枚からなる第4収斂群 G_4 を経て、ウエハ25の表面にそのパターンの像を結像する。

【0043】また、第1収斂群 G_1 はレチクル21側から順に、レチクル21に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{11} 、凸レンズ L_{12} 、レチクル21に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{13} 、レチクル21に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{14} 、レチクル21に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{15} 、レチクル21に凹面を向けた正メニスカスレンズ L_{16} 、凸レンズ L_{17} 、レチクル21に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{18} 及びレチクル21に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{19} より構成され、第2収斂群 G_2 は、レチクル21に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{21} 及び凹面反射鏡 M_{11} よりなる。

【0044】また、第3収斂群 G_3 は、レチクル21に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{31} 及び凹面反射鏡 M_{11} よりなり、第4収斂群 G_4 は、凸レンズ L_{41} 、レチクル21に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{42} 、レチクル21に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{43} 、レチクル21に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{44} 、レチクル21に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{45} 、凸レンズ L_{46} 、凹レンズ L_{47} 、凸レンズ L_{48} 及び凹レンズ L_{49} より構成されている。

【0045】また、投影光学系の投影倍率は $1/5$ 倍、像側の開口数NAは0.4、物体高は100mmである。そして、屈折レンズは熔融石英及び螢石を使用し、紫外線エキシマレーザの248nmの波長における、1nmの波長幅に対して軸上及び倍率の色収差が補正されている。また、球面収差、コマ収差、非点収差、ディストーションも良好に補正された優れた性能の投影光学系を提供している。

【0046】第2実施例における曲率半径 r_i 、面間隔 d_i 及び硝材を次の表2に示す。以下の表において、第21面及び第27面はそれぞれ凹面反射鏡を展開光路図で表すための仮想面である。

【0047】

【表2】

i	r_i	d_i	硝材	i	r_i	d_i	硝材
0	—	242.8		25	-883.05	34.0	SiO ₂
1	692.22	30.0	SiO ₂	26	-5743.26	24.0	
2	338.85	8.0		27	∞	0.0	
3	348.61	51.0	SiO ₂	28	833.20	24.0	
4	-956.35	1.0		29	5743.26	34.0	SiO ₂
5	643.35	36.0	SiO ₂	30	883.05	860.5	
6	306.37	13.0		31	528.80	60.0	CaF ₂
7	331.41	47.0	SiO ₂	32	-447.01	7.0	
8	700.66	597.0		33	-368.84	20.0	
9	1680.47	30.0	SiO ₂	34	-1406.21	1.0	
10	487.83	40.0		35	256.78	50.0	CaF ₂
11	-832.45	60.0	SiO ₂	36	2448.55	1.0	
12	-424.04	100.0		37	195.15	56.0	CaF ₂
13	4193.07	60.0	SiO ₂	38	738.72	5.8	
14	-1389.72	19.0		39	2843.45	20.0	
15	-697.68	40.0	SiO ₂	40	120.29	5.0	
16	-1813.61	3.0		41	121.81	60.0	CaF ₂
17	690.96	60.0	SiO ₂	42	-833.90	5.0	
18	2468.91	890.2		43	-495.91	24.0	SiO ₂
19	-828.71	34.0	SiO ₂	44	2014.55	4.0	
20	-3464.81	24.0		45	117.12	36.0	CaF ₂
21	∞	0.0		46	-1170.37	4.0	
22	858.47	24.0		47	-2005.41	20.0	SiO ₂
23	3464.81	34.0	SiO ₂	48	886.78	23.9	
24	828.71	1296.7					

【0048】また、図11(a)～(c)は第2実施例の縦収差図、図11(c)は第2実施例の倍率色収差図、図11(e)は第2実施例の横収差図を示す。これら収差図より、本例においても開口数が0.4と大きいにも拘らず、広いイメージサークルの領域内で諸収差が良好に補正されていることが分かる。また、色収差も良好に補正されている。

【0049】【第3実施例】図6はこの第3実施例の投影露光装置の概略構成を示し、この図6において図1及び図2に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。図6において、図示省略された照明光学系からの露光光ILが、レチクル21上の細長い矩形の照明領域23に照射され、照明領域23内のパターンからの光が、屈折レンズ群よりなる焦点距離 f_1 の第1収斂群 G_1 を経て、光軸に対して45°で斜設され中央に細長い開口 S_1 が形成された平面ミラー M_1 に達する。

【0050】平面ミラー M_1 で反射された後、反射屈折レンズ群よりなる焦点距離 f_2 の第2収斂群 G_2 により反射された光束が、平面ミラー M_1 の細長い開口 S_1 内に、パターン24の第1中間像を結像する。その第1中間像から射出され、開口 S_1 を通過した光束が、屈折レンズ群よりなる焦点距離 f_3 の収斂群 G_3 を経て、平面ミラー M_1 に平行に設置された平面ミラー M_4 の中央の細長い開口 S_2 内に第2中間像を結像する。この第2中間像からの光束が、反射屈折レンズ群よりなる焦点距離 f_4 の第4収斂群 G_4 により反射されて、平面ミラー M_4 に戻る。そして、平面ミラー M_4 で反射された光束が、屈折レンズ群よりなる焦点距離 f_5 の第5収斂群 G_5 を介して、ウェハ25上に第2中間像の像を結像する。

【0051】照明領域23に対してSR方向に速度Vでレチクル21を走査するのと同期して、スリット状の露

光領域27に対してウエハ25をSW方向に速度 $\beta \cdot V$ で走査することにより、レチクル21のパターンの像が、逐次ウエハ25の露光フィールド内に投影露光される。この第3実施例の投影光学系の投影倍率 β は $1/4$ である。

【0052】図12は第3実施例の投影光学系の展開光路図であり、この図12に示すように、レチクル21上のパターンからの光が、4枚の屈折レンズよりなる第1収斂群 G_1 を経て、中央に開口を持ち光軸に対して 45° で斜設された平面ミラー M_1 の周辺部で反射された後、第1凹面反射鏡 M_2 と負メニスカスレンズとよりなる第2収斂群 G_2 に至り、第2収斂群 G_2 で反射された光が平面ミラー M_1 の開口内にそのパターンの第1中間像を結像する。そして、この第1中間像からの光が、16枚の屈折レンズよりなる第3収斂群 G_3 を経て、中央に開口を持ち光軸に対して 45° で斜設された平面ミラー M_4 の開口内にそのパターンの第2中間像を結像し、この第2中間像からの光が第2凹面反射鏡 M_4 と負メニスカスレンズとよりなる第4収斂群 G_4 に至り、第4収斂群 G_4 で反射された光が平面ミラー M_4 の周辺で反射される。このように反射された光が、5枚の屈折レンズよりなる第5収斂群 G_5 を経てウエハ25の表面にそのパターンの像を結像する。

【0053】また、図12に示すように、第1収斂群 G_1 はレチクル21側から順に、レチクル21に凹面を向けた正メニスカスレンズ L_{11} 、レチクル21に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{12} 、凸レンズ L_{13} 及びレチクル21に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{14} より構成され、第2収斂群 G_2 は、レチクル21に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{21} 及び凹面反射鏡 M_2 よりなる。また、第3収斂群 G_3 は、レチクル21に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{31} 、レチクル21に凹面を向けた正メニスカスレンズ L_{32} 、レチクル21に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{33} 、レチクル21に凹面を向けた正メニスカスレンズ L_{34} 、レチクル21に凸面を向けた

負メニスカスレンズ L_{35} 、レチクル21に凹面を向けた正メニスカスレンズ L_{36} 、レチクル21に凹面を向けた正メニスカスレンズ L_{37} 、凸レンズ L_{38} 、凸レンズ L_{39} 、凸レンズ L_{40} 、レチクル21に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{41} 、レチクル21に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{42} 、レチクル21に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{43} 、凹レンズ L_{44} 、凸レンズ L_{45} 及びレチクル21に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{46} より構成されている。

【0054】そして、第4収斂群 G_4 は、レチクル21に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{41} 及び第2凹面反射鏡 M_4 よりなり、第5収斂群 G_5 は、レチクル21に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{51} 、レチクル21に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{52} 、レチクル21に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{53} 、レチクル21に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{54} 及びレチクル21に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{55} より構成されている。

【0055】本実施型では、投影光学系の投影倍率は $1/4$ 倍、像側の開口数NAは0.5、物体高は20mmである。また、屈折レンズは熔融石英を使用し、紫外線エキシマレーザの193nmの波長における1nmの波長幅に対して、軸上及び倍率の色収差が補正されている。また、球面収差、コマ収差、非点収差、ディストーションともほぼ無収差に近い状態まで良好に補正された優れた性能の投影光学系を提供しているため、光学系を2～3倍に比例拡大して使用しても、良好な性能を保持できるものである。

【0056】第3実施例における曲率半径 r_i 、面間隔 d_i 及び硝材を次の表3に示す。以下の表において、第12面及び第49面はそれぞれ凹面反射鏡を展開光路図で表すための仮想面である。

【0057】

【表3】

i	r-i	d-i	硝材	i	r-i	d-i	硝材
0	—	10.0		33	172.29	11.0	SiO ₂
1	-71.38	8.0	SiO ₂	34	-944.95	0.5	
2	-61.85	35.0		35	99.77	11.2	SiO ₂
3	231.03	6.0	SiO ₂	36	319.67	4.0	
4	71.51	35.0		37	-143.57	9.0	SiO ₂
5	4288.57	12.0	SiO ₂	38	-2409.53	0.3	
6	-77.96	33.1		39	54.72	10.0	SiO ₂
7	552.21	6.0	SiO ₂	40	56.03	5.0	
8	78.03	170.0		41	-61.33	4.0	SiO ₂
9	-140.25	10.0	SiO ₂	42	45.57	1.5	
10	-215.61	39.9		43	50.21	12.0	SiO ₂
11	-186.04	0.0	SiO ₂	44	-46.06	0.3	
12	∞	39.9		45	26.02	7.5	SiO ₂
13	215.61	10.0	SiO ₂	46	113.79	127.3	
14	140.25	125.0		47	-130.37	10.0	SiO ₂
15	-16.54	5.0	SiO ₂	48	-279.95	35.9	
16	-72.83	0.3		49	∞	0.0	
17	-638.23	10.0	SiO ₂	50	167.11	35.9	
18	-33.20	5.0		51	279.95	10.0	SiO ₂
19	-23.16	5.0	SiO ₂	52	130.37	184.6	
20	-36.09	0.3		53	102.70	8.0	SiO ₂
21	-592.11	11.0	SiO ₂	54	298.78	0.5	
22	-56.28	0.3		55	31.06	8.0	SiO ₂
23	2342.59	7.0	SiO ₂	56	30.01	7.0	
24	97.46	7.0		57	56.85	7.5	SiO ₂
25	-363.12	11.0	SiO ₂	58	140.95	5.0	
26	-104.21	0.5		59	-92.02	7.0	SiO ₂
27	-1285.64	11.0	SiO ₂	60	-103.29	0.5	
28	-166.22	0.3		61	24.55	8.0	SiO ₂
29	116.73	15.0	SiO ₂	62	51.79	12.0	
30	-222.57	50.0					
31	945.64	14.0	SiO ₂				
32	-133.90	8.0					

【0058】また、図13(a)～(c)は第3実施例の縦収差図、図13(c)は第3実施例の倍率色収差図、図13(e)は第3実施例の横収差図を示す。これら収差図より、本例においても開口数が0.5と大きいにも拘らず、広いイメージサークルの領域内で諸収差が良好に補正されていることが分かる。また、色収差も良

好に補正されている。

【0059】なお、この第3実施例で中央に細長い開口を有する平面ミラーM₁及びM₂はそれぞれ細長い平面ミラーで置き換えることができる。図7は、図6に示す第3実施例の投影露光装置の変形例であり、この図7において、図6の平面ミラーM₁及びM₂がそれぞれ細長

い平面ミラー M_1' 及び M_4' で置き換えてある。図7において、照明領域23内のパターンからの光が、第1収斂群 G_1 を経て、光軸に対して 45° で斜設された細長い平面ミラー M_1' に達する。平面ミラー M_1' の側面を通過した後、第2収斂群 G_2 により反射された光束が、平面ミラー M_1' 内に、パターン24の第1中間像を結像する。その平面ミラー M_1' 内の第1中間像から反射された光束が、収斂群 G_3 を経て、平面ミラー M_1' に平行に設置された細長い平面ミラー M_4' 内に第2中間像を結像する。この第2中間像から反射された光束が、第4収斂群 G_4 により反射されて、平面ミラー M_4' に戻る。そして、平面ミラー M_4' の側面を通過した光束が、第5収斂群 G_5 を介して、ウエハ25上に第2中間像の像を結像する。この図7の例によれば、選択光学系として細長い平面ミラー M_1' 及び M_4' が使用されているため、選択光学系の製造が容易である。

【0060】[第4実施例] 図3はこの第4実施例の投影露光装置の概略構成を示し、この図3において図1及び図2に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。図3において、図示省略された照明光学系からの露光光ILが、レチクル21上の細長い矩形的照明領域23に照射され、照明領域23内のパターンからの光が、屈折レンズ群よりなる焦点距離 f_3 の第3収斂群 G_3 を経て、平面ミラー M_4 の中央の細長い開口 S_2 内に中間像を結像する。この中間像からの光束が、反射屈折レンズ群よりなる焦点距離 f_4 の第4収斂群 G_4 により反射されて、平面ミラー M_4 に戻る。そして、平面ミラー M_4 で反射された光束が、屈折レンズ群よりなる焦点距離 f_5 の第5収斂群 G_5 を介して、ウエハ25上に中間像の像を結像する。

【0061】照明領域23に対してSR方向に速度Vでレチクル21を走査するのと同期して、スリット状の露光領域27に対してウエハ25をSW方向に速度 $\beta \cdot V$ で走査することにより、レチクル21のパターンの像が、逐次ウエハ25の露光フィールド内に投影露光される。この第4実施例の投影光学系の投影倍率 β は $1/4$ である。

【0062】図14は第4実施例の投影光学系の展開光路図であり、この図14に示すように、レチクル21上のパターンからの光が、16枚の屈折レンズよりなる第3収斂群 G_3 を経て、中央に開口を持ち光軸に対して 45° で斜設された平面ミラー M_4 の開口内にそのパターンの中間像を結像し、この中間像からの光が凹面反射鏡

M_{41} と負メニスカスレンズとよりなる第4収斂群 G_4 に至り、第4収斂群 G_4 で反射された光が平面ミラー M_4 の周辺で反射される。このように反射された光が、5枚の屈折レンズよりなる第5収斂群 G_5 を経てウエハ25の表面にそのパターンの像を結像する。

【0063】また、図14に示すように、第3収斂群 G_3 はレチクル21から順に、レチクル21に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{31} 、レチクル21に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{32} 、レチクル21に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{33} 、レチクル21に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{34} 、レチクル21に凹面を向けた正メニスカスレンズ L_{35} 、凸レンズ L_{36} 、レチクル21に凹面を向けた正メニスカスレンズ L_{37} 、凸レンズ L_{38} 、レチクル21に凹面を向けた正メニスカスレンズ L_{39} 、凸レンズ L_{3a} 、凸レンズ L_{3b} 、レチクル21に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{3c} 、レチクル21に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{3d} 、凹レンズ L_{3e} 、凸レンズ L_{3f} 及び凸レンズ L_{3g} より構成されている。

【0064】そして、第4収斂群 G_4 は、レチクル21に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{41} 及び凹面反射鏡 M_{41} よりなり、第5収斂群 G_5 は、レチクル21に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{51} 、レチクル21に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{52} 、レチクル21に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{53} 、レチクル21に凹面を向けた正メニスカスレンズ L_{54} 及びレチクル21に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{55} より構成されている。

【0065】実施型では、投影光学系の投影倍率は $1/4$ 倍、像側の開口数NAは0.3、物体高は1.2mmである。また、屈折レンズは熔融石英を使用し、紫外線エキシマレーザの193nmの波長における1nmの波長幅に対して、軸上及び倍率の色収差が補正されている。また、球面収差、コマ収差、非点収差、ディストーションともほぼ無収差に近い状態で良好に補正された優れた性能の光学系を提供しているため、光学系を2~3倍に比例拡大して使用しても、良好な性能を保持できるものである。

【0066】第4実施例における曲率半径 r_i 、面間隔 d_i 及び硝材を次の表4に示す。以下の表において、第35面は凹面反射鏡を展開光路図で表すための仮想面である。

【0067】

【表4】

i	r_i	d_i	硝材	i	r_i	d_i	硝材
0	—	4.0		25	48.77	10.0	SiO ₂
1	95.98	10.0	SiO ₂	26	43.54	5.0	
2	65.75	12.0		27	-112.55	4.0	SiO ₂
3	1434.55	7.0	SiO ₂	28	21.60	1.5	
4	60.07	11.0		29	204.26	12.0	SiO ₂
5	-23.22	10.0	SiO ₂	30	-34.05	0.3	
6	-27.51	0.3		31	24.14	7.5	SiO ₂
7	251.93	8.0	SiO ₂	32	-42.62	140.0	
8	51.85	8.0		33	-131.63	10.5	SiO ₂
9	-68.40	7.0	SiO ₂	34	-280.63	5.2	
10	-66.60	51.0		35	∞	0.0	
11	763.14	15.0	SiO ₂	36	143.16	5.2	
12	-105.25	2.0		37	280.63	10.5	SiO ₂
13	-2171.46	11.0	SiO ₂	38	131.63	175.6	
14	-398.28	0.6		39	99.65	8.0	SiO ₂
15	657.88	15.0	SiO ₂	40	856.91	0.5	
16	-195.65	65.0		41	34.40	8.0	SiO ₂
17	-1397.29	14.0	SiO ₂	42	28.44	7.0	
18	-159.18	8.0		43	44.86	7.5	SiO ₂
19	238.03	11.0	SiO ₂	44	115.52	5.0	
20	-292.91	0.5		45	-79.28	7.0	SiO ₂
21	90.28	11.2	SiO ₂	46	-66.11	0.5	
22	-713.33	4.0		47	22.09	8.0	SiO ₂
23	-101.29	9.0	SiO ₂	48	18.08	11.9	
24	-216.96	0.3					

【0068】また、図15(a)～(c)は第4実施例の縦収差図、図15(c)は第4実施例の倍率色収差図、図15(e)は第4実施例の横収差図を示す。これら収差図より、本例においても、広いイメージサークルの領域内で諸収差が良好に補正されていることが分かる。また、色収差も良好に補正されている。次に、本発明では(1)式～(6)式の条件を満足することが望ましいとされているが、以下に、上述の各実施例とそれらの条件との対応につき説明する。まず、上述の各実施例における第1収斂群G₁～第5収斂群G₅のそれぞれの焦点距離をf_i(i=1～5)、それぞれのベッツパール

和をp_i(i=1～5)、それぞれの見かけの屈折率をn_i(i=1～5)、それぞれの結像倍率をβ_i(i=1～5)とする。また、第1収斂群G₁及び第2収斂群G₂の合成の結像倍率をβ₁₂、第4収斂群G₄及び第5収斂群G₅の合成の結像倍率をβ₄₅として、これらの結像倍率β₁₂及びβ₄₅をβ₁₁で表す。上述の第1実施例～第4実施例の諸元をそれぞれ以下の表5～表8にまとめる。但し、全系をG_Tで表し、全系G_Tに対応するベッツパール和p_i及び結像倍率β_iの欄にはそれぞれ全系のベッツパール和及び結像倍率を示す。

【0069】

【表5】

第1実施例の諸元

	r	f_i	p_i	n_i	β_i	β_{ij}
G_1	—	-132.32	-0.00865	0.8737	0.5585	-0.254
G_2	-127	82.86	-0.01909	-0.6322	-0.455	
G_3	—	144.58	0.02795	0.2475	-0.9837	0.25
G_4	—	—	—	—	—	—
G_5	—	—	—	—	—	
G_T	—	—	0.00058	—	0.25	0.25

【0070】

【表6】

第2実施例の諸元

	r	f_i	p_i	n_i	β_i	β_{ij}
G_1	—	961.78	0.00105	0.99022	4.37	-0.620
G_2	-858	668.88	-0.00295	-0.50679	-0.141	
G_3	—	—	—	—	—	—
G_4	-833	656.08	-0.00305	-0.49974	20.262	-0.323
G_5	—	201.21	0.00487	1.02054	-0.015	
G_T	—	—	-0.00008	—	0.20	-0.20

【0071】

【表7】

第3実施例の諸元

	r	f_i	p_i	n_i	β_i	β_{ij}
G_1	—	-793.98	-0.00196	0.642	0.826	-0.412
G_2	-186	103.76	-0.01254	-0.768	-0.4988	
G_3	—	104.63	0.01688	0.566	-0.7755	-0.7755
G_4	-167	102.82	-0.01491	-0.653	-2.425	-0.7828
G_5	—	52.26	0.01294	1.483	0.3228	
G_T	—	—	0.00040	—	-0.25	-0.25

【0072】

【表8】

第4実施例の諸元

	r	f_i	p_i	n_i	β_i	β_{ij}
G_1	—	—	—	—	—	—
G_2	—	—	—	—	—	
G_3	—	25.004	0.01409	2.8384	-0.2847	-0.2847
G_4	-143	94.979	-0.01687	-0.6241	-2.2162	-0.8783
G_5	—	84.227	0.00306	3.87995	0.3963	
G_T	—	—	0.00028	—	0.25	0.25

【0073】そして、第1実施例～第4実施例の(1)式～(6)式に対する対応値を表9に示す。

【0074】
【表9】

条件対応表

条件式	実施例	1	2	3	4
(1)	$p_1 + p_3 + p_5 > 0$	0.0193	0.00592	0.02786	0.017
(2)	$p_2 + p_4 < 0$	-0.0191	-0.006	-0.02745	-0.017
(3)	$ p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 < 0.1$	0.0002	0.00008	0.00041	0.0
(4)	$0.1 \leq \beta_{12} \leq 2$	0.25	0.62	0.4	—
(5)	$0.1 \leq \beta_3 \leq 2$	0.98	—	0.77	0.28
(6)	$0.1 \leq \beta_{45} \leq 2$	—	0.32	0.78	0.88

【0075】これらの各表より、上述の各実施例では何れも(1)式～(6)式の条件が満足されていることが分かる。なお、上述の各実施例においては、屈折光学系を構成する硝材として石英、蛍石等の光学ガラスが使用されているが、石英、蛍石等の光学ガラスは紫外線を通すことができるので、好都合である。

【0076】また、屈折光学系を構成する材料として、アクリル、ポリスチレン、ポリカーボネートなどのプラスチック光学材を使用するようにしてもよい。これにより、量産性のある、低コストの光学系を実現できる。また、上述実施例は、等倍又は縮小投影光学系の例であるが、レチクル21とウエハ25との関係を逆にすることにより拡大投影光学系としても使えることは明らかである。このように、本発明は上述実施例に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0077】

【発明の効果】本発明の第1～第4の走査型反射屈折投影露光装置によれば、ビームスプリッターの代わりに選択光学系を用いて、入射光束と反射光束とを分離することができるために、光量の減少を少なくすることができ、熱変動の影響を抑えることができる。また、従来のビームスプリッター使用時に問題となったビームスプリッターの特性の不均一性による光量ムラをなくすることができるようになった。

【0078】但し、選択光学系として例えば中央に細長

い開口を有する平面ミラーを使用した場合、その中央に開口部分により光束の一部はけられて結像に寄与しないため、結像特性はいろいろと変化したものとなる。しかし、最近では遮蔽のない通常の屈折光学系の縮小投影装置においても、わざわざ照明系の瞳を部分的に遮蔽して解像力を上げる場合もあり、結像特性の変化による像の不均一性は基板上の感光材の特性やマスクパターンの設計により補うことが出来るものである。

【0079】例えば、現在行われている所謂変形照明法では、照明光学系の瞳面で十字型の遮蔽を行うことにより、解像力を上げ、焦点深度を深くしている。このような、十字型の遮蔽部の中に、平面ミラーの開口部分又は細長い平面ミラーそのものを合わせるか、または、その遮蔽部の形状より平面ミラーの開口部分又は細長い平面ミラーを小さくして配置すれば、結像性能をあげながら、光束を通過させることができる。このような構成をとることにより、トータルの光量損失はビームスプリッターを使用する場合に比べて僅かであり、照明光の利用効率が高い。

【0080】また1次結像倍率（更には2次結像倍率）を自由に選ぶことができるので、良い光学性能の状態を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の投影露光装置の概略構成を示す斜視図である。

【図2】第1実施例のステージ機構等を示す構成図である。

【図3】本発明の第4実施例の投影露光装置の概略を示す構成図である。

【図4】本発明の第2実施例の投影露光装置の概略構成を示す斜視図である。

【図5】第2実施例のステージ機構等を示す構成図である。

【図6】本発明の第3実施例の投影露光装置の概略を示す構成図である。

【図7】第3実施例の変形例を示す構成図である。

【図8】第1実施例の投影光学系を示す展開光路図である。

【図9】第1実施例の収差図である。

【図10】第2実施例の投影光学系を示す展開光路図である。

【図11】第2実施例の収差図である。

【図12】第3実施例の投影光学系を示す展開光路図である。

【図13】第3実施例の収差図である。

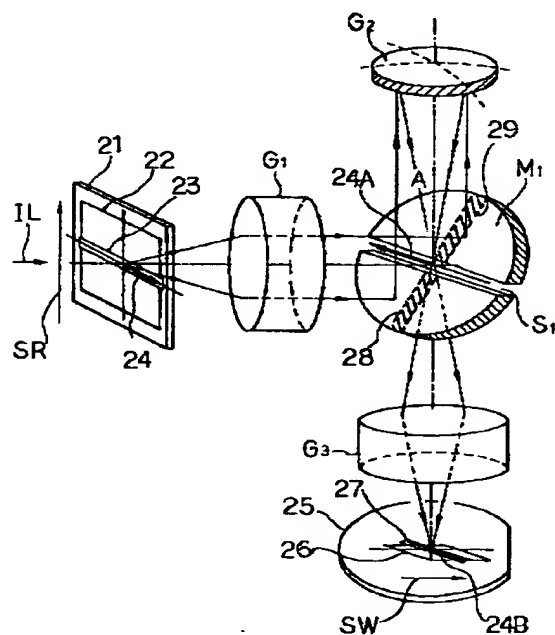
【図14】第4実施例の投影光学系を示す展開光路図である。

【図15】第4実施例の収差図である。

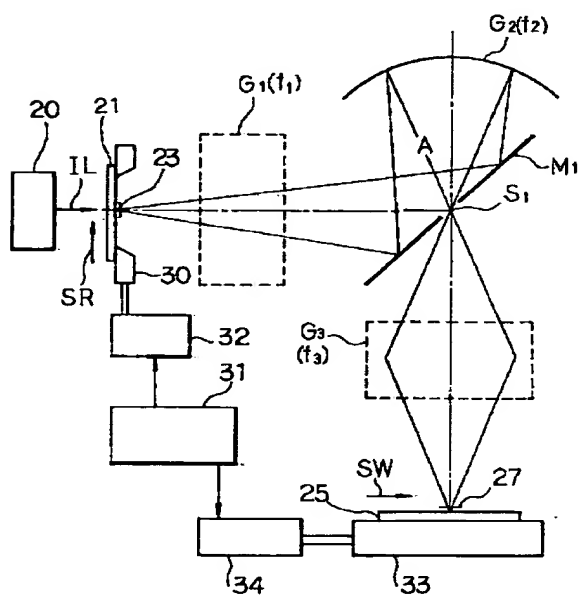
【符号の説明】

- 21 レチクル
- 23 細長い矩形の照明領域
- 25 ウエハ
- 30 レチクルステージ
- 33 ウエハステージ
- G₁ 第1収斂群
- G₂ 第2収斂群
- G₃ 第3収斂群
- G₄ 第4収斂群
- G₅ 第5収斂群
- M₁, M₄ 細長い開口を有する平面ミラー
- S₁, S₂ 細長い開口
- M₂₁, M₄₁ 凹面反射鏡
- M₁', M₄' 細長い平面ミラー

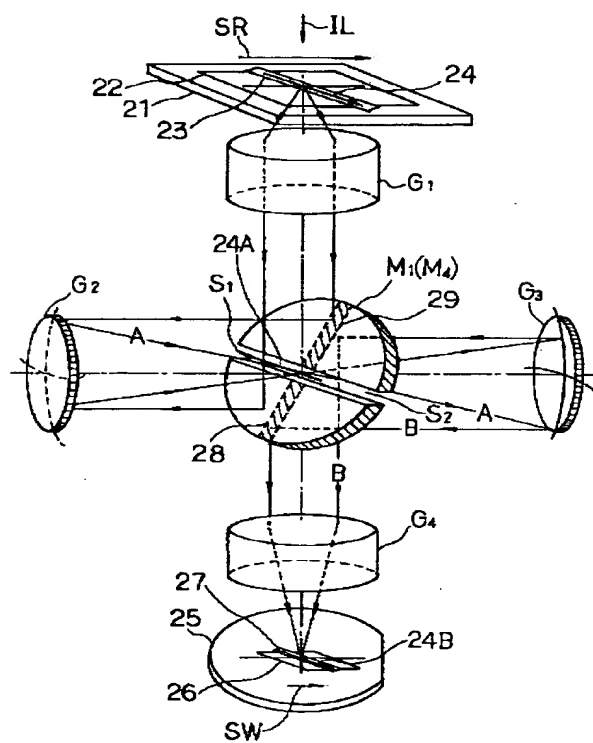
【図1】



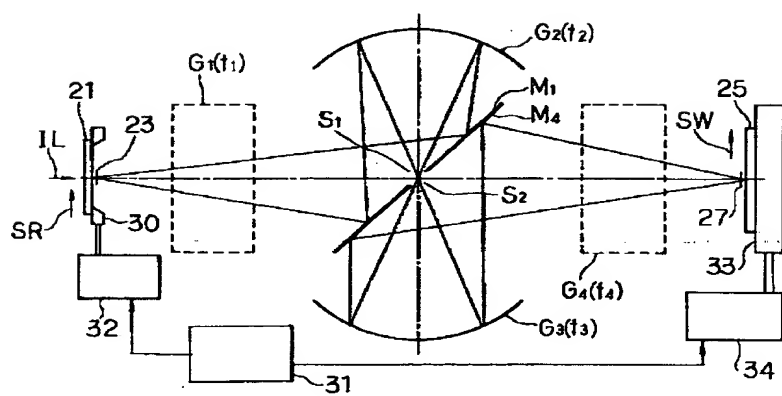
【図2】



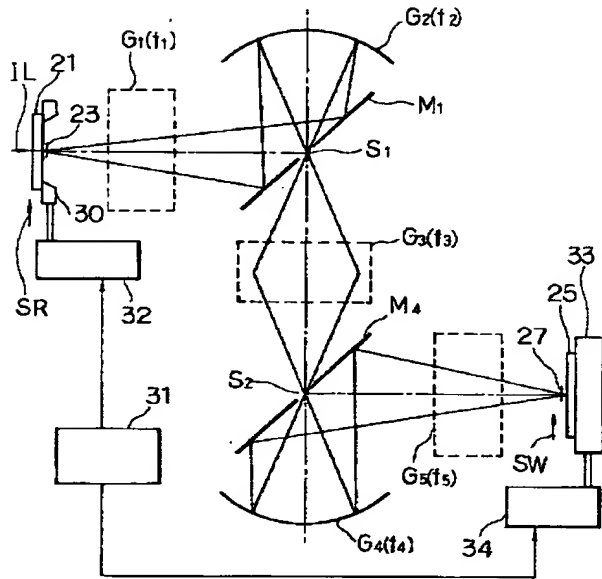
【图 4】



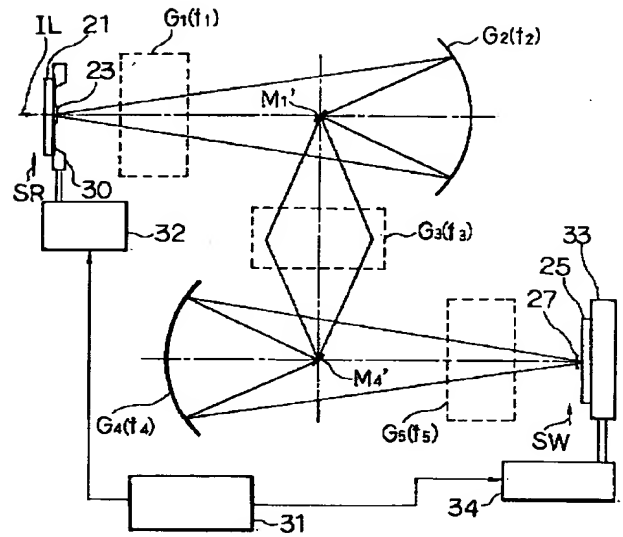
【图5】



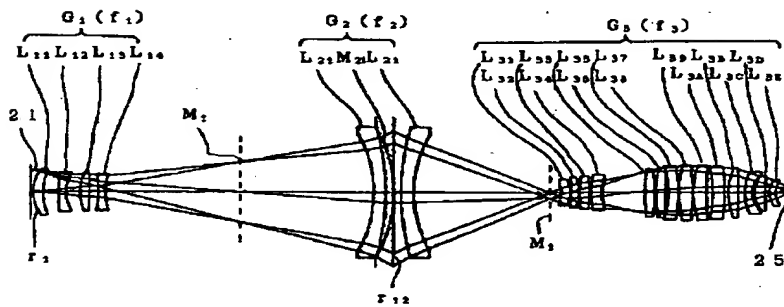
【図6】



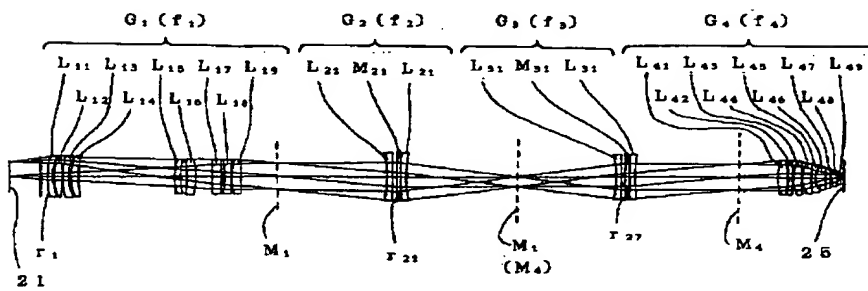
【図7】



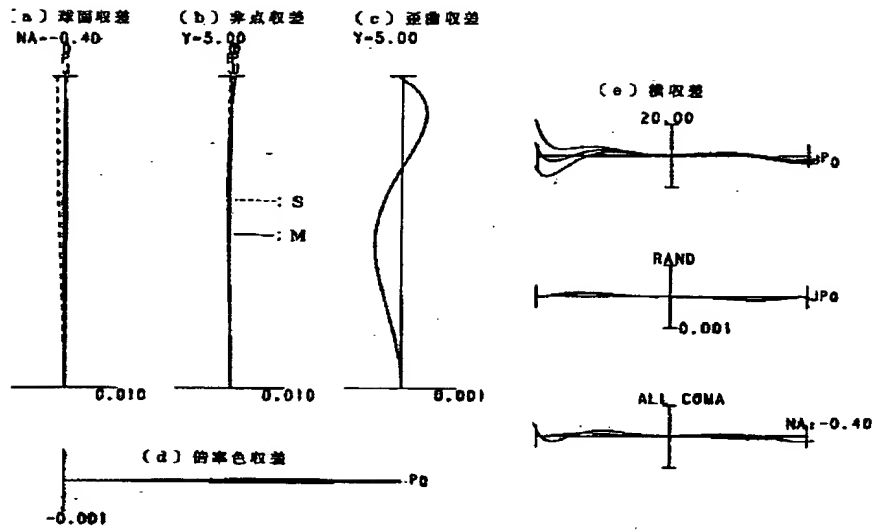
【図8】



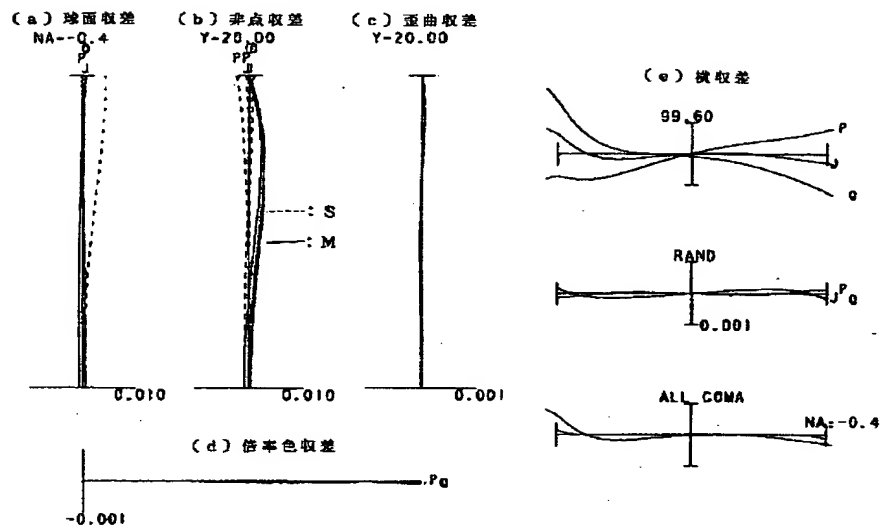
【図10】



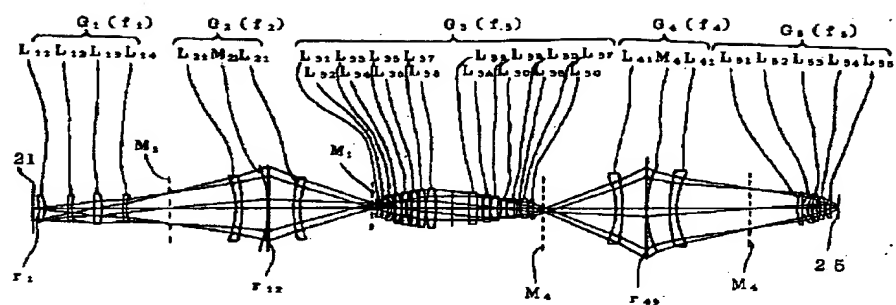
【図9】



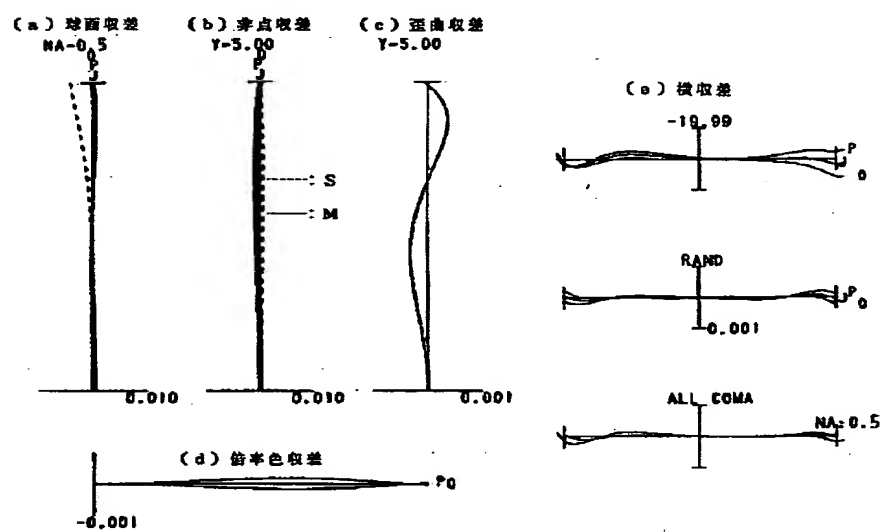
【図11】



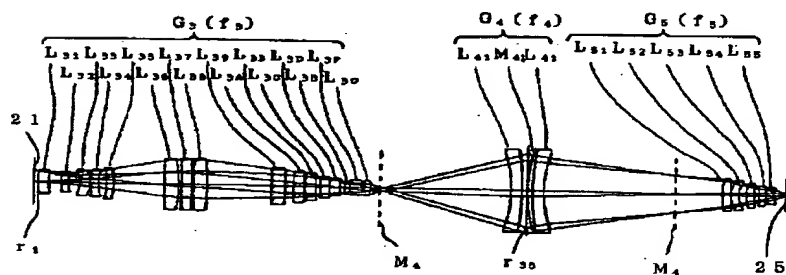
【図12】



【図13】



【図14】



【図15】

